Número 0 (1993)

AVICENNIA

Revista de Oceanología y Ecología Tropical

Avicennia

Revista de Ecología y Oceanología Tropical

COMITÉ EDITORIAL

Universidad de Oviedo
Dr. Jesús Ortea
Dr. Germán Flor
Dr. Lorenzo Pueyo

Instituto de Oceanología
Ing. Jorge Foyo
Dr. José Espinosa

Instituto de Ecología y Sistemática
Dr. Pedro Pérez

Avicennia se puede obtener por intercambio con otras publicaciones de contenido similar o por suscripción.

Precio de suscripción anual: **30 US$**

Toda la correspondencia debe ser enviada a:

Dr. Jesús Ortea
Depto. de Biología de Organismos y Sistemas
Universidad de Oviedo
33005 Oviedo. Asturias. España

Ing. Jorge Foyo
Instituto de Oceanología
Academia de Ciencias de Cuba
Ave. 1ª entre 184 y 186, nº 18406
Municipio Playa. Ciudad de La Habana. Cuba

Dr. Pedro Pérez
Instituto de Ecología y Sistemática
Carretera de Varona. Km 3,5
Capdevilla. Boyeros. Ciudad Habana. Cuba

Portada: Mangle rojo (*Rhizophora mangle*)

Avicennia

Revista de Ecología y Oceanología Tropical

Volumen 0 (Oviedo, 1993)

Entidades patrocinadoras

Universidad de Oviedo. España.

Institutos de Oceanología y de Ecología y Sistemática. Cuba.

Dep. Leg. AS-199/94
Diseño y maquetación: Ángel Valdés
Impresión: Loredo, S. L. - Gijón

PRESENTACIÓN

Es obligado recordar, al escribir estas líneas de presentación, que ha pasado casi un siglo desde que Rafael Altamira, ilustre profesor de la Universidad de Oviedo, abriera nuestra cooperación con Iberoamérica al pronunciar un ciclo de conferencias en La Habana. Desde aquel momento hasta la actualidad, la cooperación científica entre nuestra Institución y Cuba ha oscilado en intensidad, según las circunstancias sociales, económicas y científicas de cada momento histórico. Afortunadamente, desde 1990 nuestra relación se fortalece sostenidamente. En marzo de ese año se celebró la Semana de la Universidad de Oviedo en La Habana. En esa fecha se dió a conocer la nueva imagen de la Universidad de Oviedo en la década de los 90 y se inició una intensa colaboración con diversas Universidades, como las de La Habana, Central de las Villas, Instituto Superior Técnico de Cienfuegos, e Instituciones, como la Academia de Ciencias de Cuba. Fruto de esta colaboración es el elevado número de profesores e investigadores cubanos, de las más diversas disciplinas, que han concluido o están realizando estudios de doctorado en la Universidad de Oviedo, así como el largo centenar de profesionales que han cursado estancias cortas de formación, docencia e investigación en ambos países.

Llega ahora, con la Revista que presentamos, una nueva forma de cooperación: la publicación de los resultados de estos esfuerzos. Con el apoyo a esta Revista y a futuras publicaciones, la Universidad de Oviedo pretende facilitar la difusión de los trabajos nacidos de su cooperación con Iberoamerica en los más diversos campos. Avicennia, nombre de árboles que necesitan de la cooperación entre la tierra y el mar para exisitir, parece un título adecuado para iniciar una serie que pretende este importante objetivo. La cooperación intelectual está dirigida por criterios de rigor, perseverancia y calidad. Estos criterios deben también marcar el rumbo de nuestra Revista para que el futuro le conceda el reconocimiento de los mejores.

Lorenzo Pueyo

Lorenzo Pueyo
Vicerrector de Investigación
Universidad de Oviedo

Avicennia, 1993, 0: 1- 8

Reporte preliminar de algunas propiedades de extractos y secreciones de moluscos gasterópodos colectados en las costas de Cuba.

Preliminar report of some properties of secretions and extracts of gastropods from Cuban waters.

Ileana García-Alonso*, José Ramón Martínez*, Angel Valdés**, Katia Acosta*, Circe Mesa*, Maritza Pérez*, Abel Aneiros* y Jesús Ortea**.

* *Centro de Bioactivos Marinos, Instituto de Oceanología, Academia de Ciencias de Cuba. Loma y 37, Alturas del Vedado, Código Postal 10600, Ciudad de la Habana, Cuba.*

** *Departamento de Biología de Organismos y Sistemas, Laboratorio de Zoología, Universidad de Oviedo. Jesús Arias de Velasco s/n, 33005 Oviedo, Asturias, España.*

Resumen

Se evaluaron la toxicidad y características químicas de las secreciones y/o extractos de tejidos de 5 especies de gasterópodos abundantes en las costas cubanas: *Aplysia dactylomela, Aplysia juliana, Bursatella leachi, Petalifera ramosa* y *Onchidella floridiana*. Los resultados obtenidos aportan nueva información sobre la actividad biológica de las sustancias químicas de estas especies. Sólo algunas muestras de las especies del género *Aplysia* fueron tóxicas en cangrejos y peces. En al menos uno de los extractos de cada especie estudiada se detectó actividad anticolinesterásica.

Abstract

The toxic and chemical characteristics of fluid and tissue extracts of 5 species of gastropods were evaluated: *Aplysia dactylomela, Aplysia juliana, Bursatella leachi, Petalifera ramosa, Onchidella floridiana*. The reported results provide new information concerning the biological activity of the chemical products of these species. Only some samples from *Aplysia* species were toxic to crabs and fishes. Anticholinesterasic activity were detected in at least one of the samples from all the studied species.

Palabras clave: extractos bioactivos marinos, tinta, actividad anticolinesterásica, toxicidad, gasterópodos marinos.

Key words: bioactive marine extracts, fluid, anticholinesterasic activity, toxicity, marine gastropods.

INTRODUCCIÓN

Muchos de los compuestos descubiertos en plantas y animales marinos son biológicamente activos y presentan gran importancia debido a sus propiedades antivirales, antibacterianas, antitumorales, anti-inflamatorias, cardiovasculares y neuroactivas, entre otras (Halstead, 1978; Rinehart, Holt, Fregean, Keifer, Wilson, Perun, Sakai, Thompson, Stroh, Shield y Seigler, 1990; Schmitz y Yasumoto, 1991).

Se ha demostrado que los extractos y secreciones de varias especies de moluscos, en particular de la clase gasterópodos, contienen sustancias lipofílicas de bajo peso molecular con acciones citolíticas, antineoplásicas y antibacterianas (FUSETANI, WOLSTENHOLME Y MATSUNAGA, 1991; FAULKNER, 1990; CIMINO, DESTEFANO, DEROSA, MORRONE Y SODANO, 1985; NORTE, CATALDO, GONZÁLEZ, RODRÍGUEZ Y RUIZ-PÉREZ, 1990). Estos compuestos son adquiridos por los animales fundamentalmente a través de la dieta y provienen del metabolismo secundario de sus presas (generalmente algas y esponjas), pero en algunos casos son modificados e incluso sintetizados por el propio molusco (CIMINO, DEROSA, DESTEFANO, SODANO Y VILLANI, 1985). Más recientemente se han encontrado también compuestos bioactivos de alto peso molecular en algunos opistobranquios (KAMIYA, MURAMOTO, GOTO, YAMAZAKI, 1988; KISUGI, KAMIYA Y YAMAZAKI, 1987). No obstante la presencia de sustancias hidrofílicas en estos animales ha sido muy poco estudiada.

En el presente se ha incrementado el interés por el estudio de bioactivos en los moluscos gasterópodos que habitan en las costas de Cuba, constituyendo el objetivo del presente trabajo la obtención y caracterización preliminar de las fases hidrosolubles de extractos y/o secreciones de 5 especies, 4 de ellas opistobranquios, relativamente abundantes en la plataforma cubana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Colecta

El material de *A. dactylomela*, *A. juliana*, *B. leachi* y *P. ramosa* procede de distintos puntos de la Ciudad de la Habana, costa Norte de Cuba, mientras que el material de *O. floridiana* se colectó en Jucaral, Bahía de Cienfuegos, Sur de Cuba. Todos los animales fueron capturados entre los meses de mayo y junio de 1993, excepto los ejemplares de *A. dactylomela* que se colectaron y procesaron en enero de 1991.

El material de *Petalifera* y *Onchidella* se congeló a -20° C hasta su procesamiento.

Los especímenes de *Aplysia* y *Bursatella* se trasladaron vivos al laboratorio donde se colectó el mucus que los mismos secretan espontáneamente y posteriormente se les extrajo la tinta de la cavidad del manto previo estrés mecánico. Estos materiales se congelaron a -20°C hasta su procesamiento. Finalmente se disecaron los mantos de *A. juliana* y *B. leachi* y el pie de *A. dactylomela* que también se congelaron a -20°C.

Preparación de extractos

Después de separar la fracción etérea, se le realizaron los diferentes ensayos propuestos a la fase acuosa.

De manera análoga se procesó el músculo del pie de *A. dactylomela* (PAd), aunque en este caso la extracción se hizo con agua destilada y no se delipidó el material.

Tinta: Se descongeló la tinta colectada a partir de *A. juliana* y *B. leachi* (TAj y TBl) y después de centrifugar se liofilizó el sobrenadante. Se pesaron 200 mg del liofilizado y se le adicionaron 4 ml de agua destilada, se agitó durante 30 min y se centrifugó a 3000

rpm. El sobrenadante se delipidó con éter de petróleo y a la fase hidrosoluble se le realizaron los diferentes ensayos propuestos.

Mucus: Se descongeló la secreción colectada a partir de la *A. juliana* (MAj) y después de centrifugar se liofilizó el sobrenadante. Se pesaron 200 mg del liofilizado y se le adicionaron 4 ml de agua destilada, se agitó durante 30 min y se centrifugó a 3000 rpm. Al sobrenadante se le realizaron los diferentes ensayos propuestos.

Con *O. floridiana* se preparó un extracto total utilizando una mezcla metanol: acetona (1:1) y una relación S:L (1:4). Se homogeneizó durante 1-2 min en un homogeneizador y se centrifugó 10 min a 6500 rpm. El sobrenadante se evaporó al vacío a 40°C y se le extrajo la fase lipofílica con éter de petróleo. Después de separar la fracción etérea se liofilizó la fase acuosa. 200 mg del material liofilizado se disolvieron en 4 ml de agua destilada, agitándose durante 30 min y centrifugándose 20 min a 3000 rpm. Al sobrenadante se le realizaron los diferentes ensayos propuestos.

Evaluación de toxicidad

Ensayos de toxicidad en cangrejos: Se utilizaron cangrejos machos de la especie *Uca thayeri*, de 1-2 g de peso, inyectando en ei hemocele 0.01ml de muestra por g de animal (dosis de 0.5 mg/g, n=3). Las muestras fueron evaluadas como tóxicas (T) si provocaban parálisis y/o imposibilidad de volteo a los 10 min de administradas (Galettis y Norton, 1990).

Ensayos de toxicidad en peces: Se utilizaron peces machos adultos de la especie *Poecilia reticulata*, de 85-95 mg de peso. Se adicionaron 0.5 ml de muestra a un volumen de 20 ml de agua (dosis de 1 mg/ml, n=3) y se siguió el test de Mebs modificado (García-Alonso, Martínez, Aneiros, Acosta, Llanio, Díaz, Concepción, Cowley, Morales, Pérez, González y Llorente, 1993). Los animales fueron observados durante 24 h y los efectos provocados por las muestras se evaluaron como tóxicos (T) si alteraban el patrón de conducta de los peces en los primeros 30 min después de administradas.

Determinaciones analíticas

Se determinó la concentración de carbohidratos por el método del fenol-sulfúrico (Dubois, Gills, Hamilton, Rebert y Smith, 1956) y la de proteínas según el método de Lowry (1951). La cromatografía en placa fina se desarrolló empleando silica-gel como fase estacionaria y como fase móvil mezclas de cloroformo: metanol: agua (7:5:0.9) y 1- butanol: ácido acético: agua (12:3:5). Las placas se revelaron en una cámara saturada con iodo. Los espectros UV-Visible se registraron en agua destilada, en un espectrofotómetro Shimadzu UV-160A. Todas las determinaciones se hicieron por duplicado.

La actividad anticolinesterásica se determinó por el método de Ellman, Courtney, Andres y Featherstone (1961), utilizando acetiltiocolina como sustrato y como fuente enzimática la colinesterasa de suero equino. Para conocer la capacidad de inhibición de colinesterasa, se incubaron 200 µl de las muestras en estudio (9 mg/ml) con 50 µl de la enzima durante 10 min a 25°C. Los resultados se obtuvieron como unidades de absorbancia por minuto y se reportan como porciento de inhibición de la actividad de la enzima. Las determinaciones se hicieron por duplicado.

RESULTADOS

Se estudiaron los extractos y/o secreciones de 4 especies de Opistobranquios del orden Anaspidea y de una especie marina de la subclase de los Pulmonados.

Los resultados de la caracterización se muestran en la tabla 1. Un análisis comparativo entre los resultados de la caracterización química de las muestras de las diferentes especies evidencia que por lo general el pH es neutro, excepto para el MAj (ligeramente básico) y el MaPr (ligeramente ácido).

La concentración de proteína en TAj es relativamente más elevada que en los extractos y secreciones de las otras especies y el contenido de carbohidratos en Of es prácticamente el doble de lo encontrado para el resto de las muestras.

La actividad anticolinesterásica fue significativa en las secreciones TAj y TBl y en los extractos MaPr, PAd y Of.

En los espectros de los extractos de todas las especies se observaron 2 máximos cerca de los 250 y 320 nm, este último con menor intensidad, lo cual es indicativo de la presencia de compuestos con insaturaciones conjugadas. No obstante se encontraron diferencias en la posición específica de estos máximos, fundamentalmente en el segundo. El PAd posee bajas actividades hemolítica, fosfolipásica y tiene acción.

Por otra parte la tinta y el extracto del manto de *A. juliana*, resultaron tóxicos en cangrejos y peces. A los 10 min de inyectados los cangrejos con MaAj se observó una ligera parálisis y aunque a los 15 min los animales no podían voltearse, se recuperaron a las 24 h. En los peces este extracto provocó saltos e intranquilidad extrema durante la primera hora pero a partir de las 2 h se observó inmovilidad tónica.

Los cangrejos inyectados con TAj mostraron parálisis rígida a los 5 min, notable cambio de color y pérdida de la capacidad de volteo a partir de los 10 min. A las 24 h el 50% de los animales había muerto. En los peces también se apreció a los 10 min el cambio de color acompañado de inmovilidad tónica y disminución de los movimientos pectorales y branquiales. A las 2 h se observó gran intranquilidad.

El extracto PAd provocó parálisis y engarrotamiento en cangrejos a los 15 min de inyectados pero no resultó tóxico en peces.

DISCUSIÓN

De la clase Gasterópodos (Phylum Moluscos) se han aislado varios compuestos biológicamente activos que se piensa juegan un importante papel en el mecanismo de defensa de estos animales contra sus depredadores potenciales. La mayoría de estas sustancias son lipofílicas y de bajo peso molecular, derivadas de las algas y esponjas que le sirven de dieta, aunque en algunos casos pueden ser biosintetizadas por el propio animal.

Dentro de los opistobranquios, las especies pertenecientes al orden Anaspidea tienen bien desarrollado su mecanismo de defensa química. De *B. leachi* se obtuvo la bursatellina y de diferentes especies de *Aplysia* se han aislado compuestos como el dictyol y la aplykurodinona con fuerte actividad ictiotóxica y deterrente (Cimino *et al.*, 1985), lectinas

aglutinantes de bacterias marinas (KAMIYA Y SHIMIZU, 1981), y glicoproteínas con propiedades citolíticas antitumorales y antineoplásicas (KAMIYA *ET AL.*, 1988; KISUGI *ET AL.*, 1987). También se han encontrado toxinas y antibióticos en estos animales (KAMIYA *ET AL.*, 1989).

Aunque la mayoría de estos compuestos se han obtenido de hepatopáncreas, glándula femenina, huevos y tinta, se conoce que las sustancias utilizadas por el animal para su defensa se almacenan en el tejido del manto, por lo que decidimos iniciar la búsqueda de los compuestos bioactivos en las secreciones y los extractos de este tejido.

Como parte de los estudios recientemente comenzados sobre las sustancias bioactivas de los moluscos gasterópodos de las costas de Cuba se acometió la obtención y caracterización preliminar de las fases hidrosolubles de extractos y/o secreciones de *A. juliana*, *A. dactylomela*, *B. leachi*, *P. ramosa* y *O. floridiana*.

Las determinaciones analíticas realizadas evidenciaron diferencias cualitativas y cuantitativas entre los extractos y secreciones de las distintas especies así como entre las diferentes preparaciones de una misma especie.

En general la concentración de proteína en las muestras fue relativamente baja y variable. Por su parte el contenido de carbohidratos libres determinado en los extractos del manto fue mayor que en las secreciones. No obstante en estas últimas la concentración de polisacáridos pudiera ser alta en correspondencia con lo reportado en la literatura para las secreciones de los anaspídeos (CIMINO *ET AL.*, 1985; KAMIYA *ET AL.*, 1988). La baja concentración de proteina y carbohidratos en MAj, unido a un alto porcentaje de cenizas (68%), es característico de las secreciones mucosas de otros invertebrados (cnidarios y esponjas) (GARCÍA-ALONSO Y ANEIROS, 1992).

Los resultados de la cromatografías en placa fina pusieron de manifiesto la mayor complejidad de los extractos de tejidos respecto a las secreciones, encontrándose además diferencias cualitativas entre todas las muestras, particularmente interesantes entre las tintas de *A. juliana* y *B. leachi*.

En correspondencia con lo anterior los espectros de ambas secreciones también fueron diferentes, notándose que en TBl no se observan máximos por debajo de 300 nm mientras que en TAj sólo aparece un máximo de absorbancia a 262 nm. Consecuentemente con el color púrpura de TBl, en el espectro de esta muestra aparecen máximos solapados a 495 y 548 nm. Los responsables del color en la tinta de los animales de este orden han sido relativamente poco estudiados, aunque se reporta que en la tinta de *Aplysia kurodai* esta coloración está asociada a la presencia de diterpenos brominados (YAMAMURA Y TAKEDA,1977).

Sólo la tinta y el extracto del manto de *A. juliana* resultaron tóxicos en cangrejos y peces, mientras que el extracto del pie de *A. dactylomela* resultó también tóxico en cangrejos. La toxicidad en cangrejos de la tinta de *A. juliana* fue reportada por KAMIYA *ET AL.* (1989) sólo en la fase de la secreción soluble en n-hexano. En general se reporta que los compuestos lipofílicos son los causantes de la letalidad que provocan las secreciones de moluscos en animales de sangre fría. El extracto acuoso de *A. dactylomela* administrado en ratones por vía ip (dosis 250 mg/Kg) es letal en menos de 24 h y provoca un cuadro típico depresivo del sistema nervioso central (GARCÍA-ALONSO *ET AL.*, 1992).

Tabla 1. Características de los extractos y secreciones de los gasterópodos analizados.
Table 1. *Characteristics of the secretions and extracts from gastropods.*

Muestra	Toxicidad		pH	Espectro UV (max; nm)	Proteínas (%)	Carbohidratos (%)	Act. Anti-ChE (% inhibición)	Cromatografía en capa Rf	
	Cangrejos	Peces						*	**
MAj	NT	NT	7,9	270	0,6	0,2	9	0,18; 0,34; 0,65	0,26; 0,36
TAj	T	T	6,9	262	11,4	4,6	58	0,12; 0,29; 0,39; 0,72	0,36; 0,78
MaAj	T	T	7,1	251; 294	2,0	7,4	11	0,21; 0,33; 0,66; 0,80	0; 0,16; 0,48
PAd	T	NT	7,5	326	30,0	3,9	40	-	-
TBl	NT	NT	6,6	328; 495; 548	5,6	1,6	61	0,12; 0,22; 0,46; 0,65	0,27; 0,33
MaBl	NT	NT	7,0	250; 336	8,7	5,9	17	0,14; 0,28; 0,36; 0,42; 0,64; 0,77	0,23; 0,65
MaPr	-	NT	6,2	262; 327	6,3	3,0	58	0,14; 0,35; 0,44; 0,65	0,24; 0,50
Of	NT	NT	7,0	249; 329	6,1	12,8	41	0,13; 0,36; 0,46; 0,50; 0,68; 0,84	0,23; 0,80

* Cloroformo: metanol: agua
** Butanol: acético: agua

MAj: mucus de *Aplysia juliana*.
TAj: tinta de *Aplysia juliana*.
MaAj: extracto del manto de *Aplysia juliana*.
PAd: extracto del pie de *Aplysia dactylomela*.
TBl: tinta de *Bursatella leachi*.
MaBl: extracto del manto de *Bursatella leachi*.
MaPr: extracto del manto de *Petalifera ramosa*.
Of: extracto de *Onchidella floridiana*.

Finalmente no se observó una relación directa entre la actividad anticolinesterásica y la toxicidad en peces y cangrejos, excepto para los casos de TAj y PAd a pesar de que las manifestaciones conductuales y los cambios en la coloración de estos animales pudieran ser indicativos de una posible acción colinérgica de las muestras. Debe señalarse que la actividad anticolinesterásica fue significativa en Of, PAd, MaPr, TAj y TBl, lo que constituye el primer reporte de este tipo de acción para compuestos hidrofílicos en estos animales. Con anterioridad sólo se conocía la presencia de un inhibidor de colinesterasa en *Onchidella*, asociado a un compuesto de naturaleza lipofílica, el onchidal (Ambramson, Radic, Manker, Faulkner y Taylor, 1989).

Resulta además singularmente interesante el haber detectado la actividad en las secreciones de *Bursatella* y *Aplysia* pero no en los correspondientes extractos del manto.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Instituto Superior Técnico de Cienfuegos el apoyo que nos ha brindado para la captura del material de *O. floridiana* estudiado en este trabajo. También agradecemos al Dr. José Espinosa y a Francisco Fernández Garcés su participación en la recolección del material.

BIBLIOGRAFIA

Ambramson, S., Radic, Z, Manker, D., Faulkner, J. y Taylor, P. 1989. Onchidal: A naturally occurring irreversible inhibitor of acetylcholinesterase with a novel mechanism of action. *Molecular Pharmacology*, 36: 349-354.

Cimino, G., DeStefano, S., DeRosa, S., Morrone, R. y Sodano, G. 1985. The chemical defense of nudibranch molluscs. *Tetrahedron*, 41 (6): 1093-1100.

Cimino, G., DeRosa, S., DeStefano, S., Sodano, G. y Villani, G. 1985. Dorid nudibranchs elaborates its own chemical defense. *Science*, 219: 1237-1238.

Dubois, M., Gills, K. A., Hamilton, J. K., Rebert, P. A. y Smith, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.*, 28: 350-356.

Ellman, G. L., Courtney, K. D., Andres, V. y Featherstone, R. M. 1961. Colorimetric method for cholinesterase determination. Biochem. *Pharmacol.*, 7: 88-95.

Faulkner, D. J. 1990. Marine Natural Products. *Nat. Prod. Reports*, 269-309.

Fusetani, N., Wolstenholme, H. J. y Matsunaga, S. 1991. Two new sesquiterpene isonitriles from the nudibranch Phyllidia pustulosa. *Tetrahedron Lett.*, 32 (49): 7291-7294.

Galettis, P. y Norton, R. S. 1990. Biochemical and pharmacological studies of the mechanism of action of tenebrosin C, a cardiac stimulatory and haemolytic protein from the sea anemone *Actinia tenebrosa*. *Toxicon*, 28 (6): 695-706.

García-Alonso, I. y Aneiros, A. 1992. *Comparative Study of Bioactive Properties of Cuban Sea-shore Marine Species*. VII International Symposium on Marine Natural Products, Italy.

García-Alonso, I., Martínez, J. R., Aneiros, A., Acosta, K., Llanio, M., Díaz, M., Concepción, A.R., Cowley, S., Morales, A.R., Pérez, M., González, O., Llorente, S. 1993. Biological activity of secrections and extracts of gorgonians from cuban waters. *J. Nat. Toxin*, 2 (1): 27-40.

Halstead, B.W. 1978. *Procurement of crude marine pharmaceutical products*. International Biotoxicological Center, World Life Research Institute, California, 11 pp.

Kamiya, H. y Shimizu, Y. 1981. A natural agglutinin inhibitable by D-galacturonic acid in the sea hare Aplysia eggs: characterization and purification. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 47: 255-259.

Kamiya, H., Muramoto, K., Goto, R. y Yamazaki, M. 1988. Characterization of the antibacterial and antineoplastic glycoproteins sea hare *Aplysia juliana*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 54 (5): 773-777.

Kamiya, H., Muramoto, K., Goto, R., Saki, M., Endo, Y. y Yamasaki, M. 1989. Purification and characterization of an antibacterial and antineoplastic protein secretion of a sea hare *Aplysia juliana*. *Toxicon*, 27 (12): 1269-1277.

KISUGI, J., KAMIYA, H. Y YAMAZAKI, M. 1987. Purification and characterization of aplysianin E, an antitumor factor from sea hare eggs. *Cancer Research*, 47: 5649-5653
LOWRY, O. H., ROSEBROUGH, N. J., FARR, A. L. Y RANDALL, R. J. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, 193: 265-275
NORTE, M., CATALDO, F., GONZÁLEZ, A. G., RODRÍGUEZ, M. L., RUIZ- PÉREZ, C. 1990. New metabolites from the marine mollusc Siphonaria grisea. *Tetrahedron*, 46 (5): 1669-1678.
RINEHART, K., HOLT, T. G., FREGEAN, N. L., KEIFER, P. A., WILSON, G. R., PERUN, T. J., SAKAI, R., THOMPSON, A. G., STROH, J. G., SHIELD, L. S., SEIGLER, D. S. 1990. *J. Nat. Prod.*, 53 (4): 771-792.
SCHMITZ, F. J. Y YASUMOTO, T. 1991. The 1990 US-Japan seminar on bio-organic marine chemistry. Meeting and report. *J. Nat. Prod.*, 54 (6): 1469-1490.
YAMAMURA, S. Y TAKEDA, Y. 1977. Isoaplysin-20, a natural bromine-containing diterpene, from *Aplysia kurodai*. *Tetrahedron Lett.*, 18: 2171-2172.

Avicennia, 1993, 0: 9- 13

Nuevos registros de crustáceos decápodos (Crustacea: Decapoda) en la plataforma marina de Cuba.

New reports of crustacean decapods (Crustacea: Decapoda) from cuban marine shelf.

Juan Carlos Martínez-Iglesias*, Osvaldo Gómez**, Alberto Carvacho*** y Rubén Ríos***.

** Instituto de Oceanología, Academia de Ciencias de Cuba. Ave. 1ª, nº 18406 , entre184 y 186, Municipio Playa. Ciudad de La Habana, Cuba.*

*** Centro de Investigaciones Marinas de la Universidad de La Habana. Ave. 1ª , nº 2808, esquina 30, Municipio Playa. Ciudad de La Habana, Cuba.*

**** Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, B.C. México.*

Resumen

Se publica una lista de 68 especies de crustáceos decápodos no conocidos previamente del archipiélago marino cubano. Estas especies pertenecen a los infraordenes Penaeidea (1 especie), Caridea (45), Brachyura (8) y Anomura (6). En este inventario se señala la localidad así como el número y sexo de cada especie.

Abstract

Sixty eight new reports of species of decapod crustaceans for the cuban fauna are listed. These species belong to the infraorders Penaeidea (1 species), Caridea (45), Brachyura (8) and Anomura (6). This inventory includes data, on number, and sex of the specimens. Moreover, species locations hin the cuban shelf are given.

Palabras clave: Sistemática, crustáceos decápodos, plataforma marina de Cuba.

Key words: Sistematic, crustacean decapods, marine cuban shelf.

INTRODUCCIÓN

El inventario de los crustáceos decápodos posee una gran importancia para el conocimiento de los ecosistemas marinos costeros. Esta información básica contribuye a la comprensión de las interacciones naturales y del papel ecológico del grupo en la plataforma marina. Algunas especies constituyen importantes recursos pesqueros. Los estudios taxonómicos sobre los crustáceos decápodos en el archipiélago cubano, se han limitado a grupos en particular. GÓMEZ Y ORTIZ (1976) brindan el censo de los braquiuros de Cuba; MARTÍNEZ-IGLESIAS (1986) lista 28 especies de camarones carideos y peneideos de la macrolaguna del Golfo de Batabanó; MARTÍNEZ-IGLESIAS Y GÓMEZ (1986) ofrecen la compo-

sición específica de los braquiuros en ese mismo acuatorio. Posteriormente Gómez y Martínez-Iglesias (1986) relacionan una nueva lista de los pagúridos cubanos.

El material examinado para el presente trabajo se recolectó en diferentes localidades del archipiélago de Cuba: las bahías de Cárdenas (provincia de Matanzas), de Jururú y de Vita (provincia de Holguín), en las costas NW y NE respectivamente; bahías y zona supralitoral del Archipiélago Sabana Camagüey (ASC); arrecifes de Juan García (AJG), Cantiles (ACC) y Diego Pérez (ADP) del Golfo de Batabanó. Otros registros provienen del material depositado en la colección del Instituto de Oceanología de la Academia de Ciencias de Cuba.

El objetivo del presente trabajo es presentar una lista de 68 especies de crustáceos decápodos no conocidos previamente de Cuba. En **material examinado**, se emplean los siguientes símbolos: ma, macho; he, hembra; hov, hembra ovígera.

RELACIÓN SISTEMÁTICA

1-*Sicyonia laevigata* Stimpson, 1871

Material examinado:1ma, 6he. Localidades: ACC; ASC: Punta Pájaros, Cayo Flores; Bahía de Jururú (NW de Cuba).

2-*Leptochela carinata* Ortman, 1893

Material examinado: 1hov. Localidad: ADP.

3-*Leander paulensis* Ortmann,1987

Material examinado: 20ma, 2he, 4hov. Localidades: Cayo Sta. María (ASC); Tarará (NW de Cuba); Golfo de Ana María y Guacanayabo; Ensenada de la Broa.

4-*Palaemon northropi* (Rankin, 1898)

Material examinado: 5ma. Localidad: Ensenada de la Broa.

5-*Periclimenaeus ascidiarum* Holthuis, 1951

Material examinado: 2he, 1hov. Localidades: AJG; ACC; ADP.

6-*Periclimenaeus atlanticus* (Rathbun, 1901)

Material examinado: 2ma, 1he. Localidad: ADP.

7-*Periclimenaeus bredini* Chace, 1972

Material examinado: 1he. Localidad: Bahía de Vita (NE de Cuba).

8-*Periclimenaeus caraibicus* Holthuis, 1951

Material examinado: 1hov. Localidad: ACC.

9-*Periclimenes rathbunae* Schmitt, 1924

Material examinado: 1he. Localidad: ADP.

10-*Periclimenes yucatanicus* (Ives, 1891)

Material examinado: 1he, 1hov. Localidades: ACC; ADP.

11-*Pontonia margarita* Smith, 1869

Material examinado: 1ma, 1hov. Localidad: ADP.

12-*Alpheus amblyonyx* Chace, 1972

Material examinado: 10ma, 11hov. Localidades: AJG; ACC; ADP; Cayo Pajonal del Sordo (ASC).

13-*Alpheus armatus* Rathbun, 1901

Material examinado: 5ma, 1he. Localidades: AJG; ACC; provincia Ciudad de la Habana.

14-*Alpheus bahamensis* Rankin, 1898

Material examinado: 5ma, 2hov. Localidades: AJG; ACC.

15-*Alpheus chacei* Carvacho, 1979

Material examinado: 2hov. Localidad: Bahía de Jururú.

16-*Alpheus cristulifrons* Rathbun, 1900

Material examinado: 6ma, 1he, 3hov. Localidades: AJG; ACC; ADP.

17-*Alpheus cylindricus* Kingsley, 1878

Material examinado: 1ma, 1hov. Localidad: AJG.

18-*Alpheus paracrinitus* Miers, 1881

Material examinado: 1ma. Localidad: AJG.

19-*Alpheus peasei* (Armstrong, 1940)

Material examinado: 40ma, 3he, 25hov. Localidades: AJG; ACC.

20-*Alpheus thomasi* Hendrix y Gore, 1973

Material examinado: 1ma, 1hov. Localidad: AJG.

21-*Alpheus viridari* (Armstrong, 1949)

Material examianado: 4he, 6ma, 1hov. Localidades: AJG; ACC; Bahía de Jururú.

22-*Alpheus websteri* Kingsley, 1880

Material examinado: 3hov, 1ma. Localidad: AJG.

23-*Alpheus polystictus* Knowlton y Keller, 1985

Material examinado: 1ma, 1he. Localidad: Rincón de Guanabo, Ciudad de La Habana.

24-*Alpheus sp.* (posible especie nueva)

Material examinado: 1ma. Localidad: AJG.

25-*Automate rectifrons* Chace, 1972

Material examinado: 16 especímenes, 8 especímenes ovígeros. Localidad: AJG.

26-*Metalpheus rostratipes* (Pocock, 1890)

Material examinado: 11ma, 9hov, 6he. Localidades: AJG; ACC; ADP.

27-*Salmoneus ortmanni* (Rankin, 1898)

Material examinado: 1 espécimen ovígero. Localidad: ACC.

28-*Synalpheus agelas* Pequegnat y Heard, 1979

Material examinado: 1hov. Localidad: AJG.

29-*Synalpheus anasimus* Chace, 1972

Material examinado: 1he. Localidad: ADP.

30-*Synalpheus bousfieldi* Chace, 1972

Material examinado: 2ma. Localidades: AJG; ADP.

31-*Synalpheus brooksi* Coutière, 1909

Material examinado: 65ma, 12he, 35hov. Localidades: Bahía de Sta. Clara (NE de Cuba); ASC; Cayo Fragoso; Ensenada de la Broa.

32-*Synalpheus dominicencis* Armstrong, 1949

Material examinado: 20ma, 1he, 1hov. Localidades: AJG; ACC; ADP.

33-*Synalpheus fritzmuelleri* Coutière, 1909

Material examinado: 2he. Localidades: AJG; ACC.

34-*Synalpheus goodei* Coutière, 1909
Material examinado: 1hov. Localidad: AJG.
35-*Synalpheus hemphilli* Coutière, 1909
Material examinado: 13ma, 6he, 9hov. Localidad: AJG.
36-*Synalpheus latastei tenuispina* Coutière, 1909
Material examinado: 2ma, 11he, 3hov. Localidad: AJG.
37-*Synalpheus meclendoni* Coutière, 1910
Material examinado: 3ma, 1he, 2ho. Localidades: AJG; ACC.
38-*Synalpheus pandionis* Coutière, 1909
Material examinado: 4ma, 5hov. Localidades: AJG; ADP.
39-*Synalpheus paraneptunus* Coutière, 1909
Material examinado: 132ma, 3he, 2hov. Localidad: AJG.
40-*Synalpheus pectiniger* Coutière, 1909
Material examinado: 40ma, 5he, 7hov. Localidades: ADP; ASC: Cayo Santa María, Bahía de Sta. Clara.
41-*Lysmata rathbunae* Chace, 1970
Material examinado: 1ma, 1he, 1hov. Localidad: AJG.
42-*Nikoides schimitti* Manning y Chace, 1971
Material examinado:1ma. Localidad: ADP.
43-*Processa fimbriata* Manning y Chace, 1971
Material examinado: 3ma, 8he, 3hov. Localidades: AJG; ACC; ADP.
44-*Processa hemphilli* Manning y Chace, 1971
Material examinado: 4hov. Localidades: ASC: Bahía de Nuevitas, Bahía de Jururú. Ensenada de la Broa.
45-*Pseudocheles chacei* Kensley, 1983
Material examinado: 1he. Localidad: AJG.
46-*Discias serratirostris* Lebour, 1949
Material examinado: 1ma, 1he. Localidad: ADP.
47-*Ileacantha sparsa* Stimpson, 1871
Material examinado: 2ma. Localidad: Bahía de Vita.
48-*Pinnixa floridana* Rathbun, 1918
Material examinado: 1he. Localidad: Bahía de Cárdenas.
49-*Panopeus lacustris* Desbonne, 1867
Material examinado: 3ma,1he. Localidad: ASC: Cayo Fragoso.
50-*Panopeus simpsoni* Rathbun, 1930
Material examinado: 1ma. Localidad: ACC.
51-*Panopeus turgidus* Rathbun, 1930
Material examinado: 1he, 1ma. Localidad: ASC: Cayo Fragoso.
52-*Pilumnus marshi* Rathbun, 1901
Material examinado: 6ma, 1he, 1hov. Localidades: AJG; ADP.
53-*Pilumnus nudimanus* Rathbun, 1900
Material examinado: 1ma, 1he. Localidad: AJG.
54-*Glyptoplax smithii* A. Milne Edwards, 1880

Material examinado: 1ma. Localidad: ACC.

55-*Axiopsis serratifrons* (A. Milne Edwards,1873)

Material examinado: 1ma. Localidad: ACC.

56-*Upogebia affinis* (Say, 1818)

Material examinado: 1he. Localidad: AJG.

57-*Pomatogebia operculata* (Schmitt, 1924)

Material examinado: 4ma, 2he. Localidad: ACC.

58-*Coralaxius abelei* Kensley y Gore, 1981

Material examinado: 1ma, 1hov. Localidades: AJG; ACC.

59-*Paguristes cadenati* Forest, 1954

Material examinado: 2ma,1he. Localidad: AJG.

60-*Paguristes perplexus* McLaughlin y Provenzano, 1974

Material examinado: 18ma,15he, 6hov. Localidades: AJG; ACC; ADP; ASC.

61-*Paguristes erythrops* Holthuis, 1959

Material examinado: 1ma. Localidad: ACC.

62-*Iridopagurus globulus* De Saint Laurent y Dechancé, 1966

Material examinado: 4ma, 1he. Localidades: ACC; ADP.

63-*Iridopagurus reticulatus* García Gómez, 1983

Material examinado: 3ma, 1he, 1hov. Localidades: ACC; ADP.

64-*Pagurus provenzanoi* Forest y De Saint Laurent, 1967

Material examinado: 3ma, 1he, 1hov. Localidades: AJG; ACC.

65-*Pagurus stimpsoni* (A. Milne Edwards y Bouvier, 1893)

Material examinado: 22ma, 6he, 3hov. Localidades: ACC; ADP; ASC.

66-*Pethrolistes jugosus* Streets, 1872

Material examinado: 5ma,2hov. Localidad: AJG.

67-*Pachycheles pilosus* (H. Milne Edwards, 1837)

Material examinado: 4ma, 2he,2hov. Localidad: AJG.

68-*Polyonyx gibbesi* Haig, 1956

Material examinado: 1ma, 2hov. Localidad: Bahía de Jururú.

AGRADECIMIENTOS

Esta contribución es uno de los resultados de un convenio de colaboración cubano-mexicano, bajo los auspicios de la Academia de Ciencias de Cuba y del Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología de México.

BIBLIOGRAFÍA

Gómez, O. y Martínez-Iglesias, J. C. 1986. Nueva lista de pagúridos cubanos (Crustacea, Decapoda, Anomura, Paguroidea). *Rev. Invest. Mar. Univ. Habana*, 7(2):21-29.

Gómez, O. y Ortiz, M. 1976. Lista de Braquiuros cubanos. *Ciencias, Series, Invest. Mar. Univ. Habana*, 25:3-20.

Martínez-Iglesias, J. C. 1986. Los crustáceos decápodos del Golfo de Batabanó. Caridea y Penaeidea. *Poeyana*, 321:1-37.

Martínez-Iglesias, J. C. y Gómez, O. 1986. Los crustáceos decápodos del Golfo de Batabanó. Brachyura. *Poeyana*, 332:1-91.

Avicennia, 1993, 0: 14-26

Edad y crecimiento de la sardina de ley, *Harengula humeralis* (Pisces: Clupeidae) en la plataforma suroccidental de Cuba.

Age and growth of red-eared sardine, Harengula humeralis *(Pisces: Clupeidae) from the Southwestern Cuban shelf.*

Juan P. García-Arteaga

Instituto de Oceanología, Academia de Ciencias de Cuba. Ave. 1ª, nº 18406, entre184 y 186, Municipio Playa. Ciudad de La Habana, Cuba.

Resumen

Se determinó la edad y el crecimiento de la sardina de ley, *Harengula humeralis*, en la región oriental del Golfo de Batabanó a partir de las lecturas en las escamas, en las que se forman 2 anillos cada año, uno en octubre-diciembre y otro en marzo-mayo. Durante el primer año, la sardina de ley crece aproximadamente 60% de su largo máximo. La ecuación de von Bertalanffy que describe el crecimiento teórico es $Lt= 18.5\ (1-e^{-0.407(t+0.797)})$. La relación entre el largo y peso resultó ser $W= 0.0107\ LH^{3.19}$. El pez más longevo capturado tenía 5 años (LH= 16.9 cm). Las clases anuales 0+, I+ y II+ fueron las más abundantes. Se calculó la mortalidad total (Z= 1.44) y la mortalidad natural (M= 1.08) para esta especie en la región.

Abstract

Age and growth of red-eared sardine, *Harengula humeralis*, from west region of Batabano Gulf were determined from scales. Two rings are formed in the scales during the year, one in october-december and the other in march-may. During the first year of life the red-cared sardine reaches aproximately 60% of its maximun length. The Von Bertalanffy equation describing theorical growth in length is $Lt= 18.5\ (1-e^{-0.407(t+0.797)})$. The length-weight relationship is $W= 0.0107\ FL^{3.19}$. The oldest fish collected was age 5 (FL= 16.9 cm). The 0+, I+ and II+ year classes were the most abundant. The annual instantaneous total mortality (Z= 1.44) and natural mortality (M= 1.08) were calculated for this region.

Palabras clave: Sardina de ley, Clupeidae, edad, crecimiento, escamas, Cuba.

Key words: Red-eared sardine, Cupleidae, age, growth, scales, Cuba.

INTRODUCCIÓN

Actualmente en la plataforma cubana la mayoría de las especies de peces con importancia comercial se encuentran explotadas al máximo de su potencial, sin embargo, las sardinas, que se utilizan principalmente para el consumo animal y como carnada, constituyen un recurso que está subexplotado (BAISRE, 1985), por lo que podría valorarse el aprovechamiento industrial de estas especies con vistas al consumo de la población.

La edad y el crecimiento de las sardinas de aguas templadas están ampliamente estudiados, no obstante, en las regiones tropicales y principalmente en el Mar Caribe estos estudios son escasos. En el género *Harengula* solamente MARTÍNEZ Y HOUDE (1975) estu-

diaron la reproducción y determinaron la edad de algunos ejemplares de *Harengula jaguana* en La Florida, mientras que HUBOLD Y MAZZETTI (1982) calcularon los parámetros de crecimiento y diferentes aspectos de la biología de esa misma especie en Brasil.

En nuestras aguas, no se han realizado trabajos semejantes en sardinas, aunque sí se han estudiado algunos aspectos de la biología y la ecología de la sardina de ley, *Harengula humeralis*. SUAREZ-CAABRO, DUARTE-BELLO Y ÁLVAREZ-REGUERA (1961) aportaron algunos elementos sobre la tecnología del aprovechamiento industrial de esta especie. SILVA (1974 y 1975) realizó observaciones sobre la conducta y sus hábitos alimentarios en la zona NW de Cuba y posteriormente, GARCÍA (1976), SIERRA Y DÍAZ-ZABALLA (1984) y SIERRA (1987) estudiaron las peculiaridades de su alimentación. El proceso reproductivo y las características ecofisiológicas de esta especie han sido objeto de atención por GARCÍA-CAGIDE (1988) y BUSTAMANTE (1987) respectivamente.

El objetivo del presente trabajo fué describir algunas particularidades de la edad y el crecimiento de la sardina de ley en la plataforma Suroccidental de Cuba, región donde se obtiene el 61% de la captura nacional de sardinas (GARCÍA-ARTEAGA Y CLARO, 1987).

MATERIALES Y MÉTODOS

Los peces se colectaron entre junio de 1978 y diciembre de 1982, en la región del cayo de Diego Pérez, al E del Golfo de Batabanó (plataforma SW de Cuba), con una atarraya sardinera y un chinchorro de 40 m de largo, 2,5 m de peralto y 1 cm de abertura de malla. En total se colectaron 2139 ejemplares de 4 a 17 cm de largo horquilla (LH), a 871 de los cuales se les tomaron las escamas para la determinación de la edad. Estas se colectaron del lado izquierdo del cuerpo, debajo de la aleta dorsal, se limpiaron con agua amoniacal al 4%

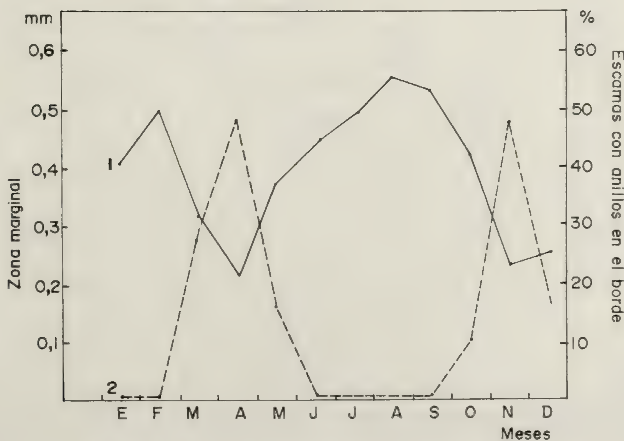


Fig.1. Variación durante el año del ancho del incremento marginal y el porcentaje de peces con el anillo en el borde de las escamas.

Fig. 1. *Annual changes in the width of growth increments and fish percent growth ring in the scale edge.*

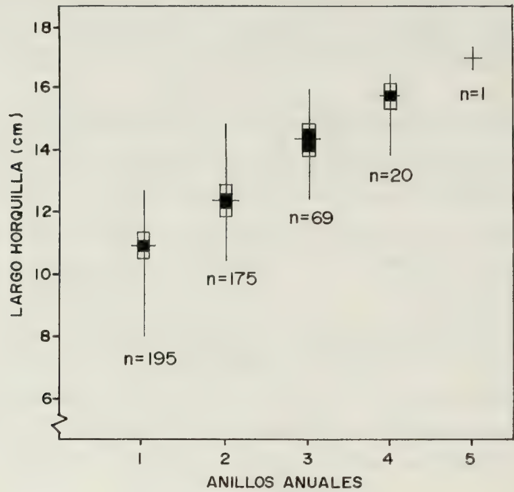


Fig. 2. Relación entre el número de anillos anuales observados en las escamas de la sardina de ley y el largo horquilla. Las líneas horizontales representan el valor medio; las verticales los límites; los rectángulos claros la desviación estandar y los oscuros el intervalo de confianza de la media al 95%.

Fig. 2. *Relationship of number of observed annual rings to fork length for red-eared sardine. The horizontal lines represent mean value; vertical lines represents the limits; the light rectangles describe the standart desviation and the dark rectangle the confiance limit of the mean value at 95%.*

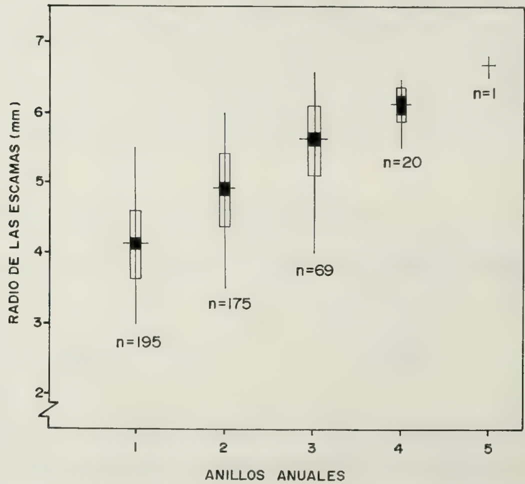


Fig. 3. Relación entre el número de anillos anuales observados y el radio total de las escamas de la sardinas de ley. Las líneas horizontales representan el valor medio; las verticales los límites; los rectángulos claros la desviación estandar y los oscuros el intervalo de confianza de la media al 95%.

Fig. 3. *Relationship of number of observed annual rings to scale total radius for red-eared sardine. The horizontal lines represent mean value; vertical lines represents the limits; the light rectangles describe the standart desviation and the dark rectangle the confiance limit of the mean value at 95%.*

para eliminar la mucosidad y se montaron en portaobjetos. Posteriormente se observaron con un microscopio estereoscópico con aumento 8x y luz indirecta.

Para representar el crecimiento teórico se empleó la ecuación propuesta por VON-BERTALANFFY (1938).

El cálculo de la mortalidad total (Z) se realizó a partir de las composiciones por largo de las capturas, utilizando la ecuación de BEVERTON Y HOLT (1956):

La mortalidad natural (M) se determinó, empleando la formula propuesta por PAULY (1980):

$$\log M = 0.6 (0.654 \log K - 0.28 \log L_\infty + 0.463 \log T)$$

donde L_∞ y K son los parámetros de la ecuación de von Bertalanffy; 0.6 es el factor de corección para la familia Clupeidae y T es la temperatura media anual (en grados centígrados) donde habita la especie. En nuestro caso la T utilizada fué de 27°C (CLARO Y RESHETNIKOV, en prensa).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Formación de las marcas de crecimiento

Los anillos de crecimiento en las escamas de la sardina de ley aparecen como bandas continuas estrechas de recorrido generalmente paralelo al borde, alrededor de toda su porción anterior y en ocasiones llegando a la parte posterior de las mismas. Estos anillos no se unen nunca uno con otro y están presentes en todas las escamas normales. Sin embargo, en algunas escamas se pueden observar cicatrices características de la familia Clupeidae, usualmente reconocibles con facilidad, por ser mayormente cortas y anchas. También presentan anillos no periódicos que dificultan la definición de las marcas de crecimiento. A

SEXO	$W = a L^b$		límites de largo (cm)	límites de peso (g)	r	N
	a	b				
HEMBRAS	0.0217	2.93	6.6-16.9	4.4-81.0	0.960	410
MACHOS	0.0288	2.80	8.1-15.2	9.2-67.0	0.964	158
JUVENILES	0.0144	3.04	4.4-11.3	1.1-20.0	0.991	220
TOTAL	0.0107	3.19	4.4-16.9	1.1-81.0	0.999	788

Tabla 1. Parámetros de la ecuación de correlación ($W=aL^b$) entre el largo horquilla y el peso total de la sardina de ley, en el Golfo de Batabanó.
Table 1. *Length-Weight relationship parameters of red-eared sardine, from the Batabano Gulf.*

Grupos de edad (años)	N	largo observado (cm)	Anillos anuales				
			1	2	3	4	5
			HEMBRAS				
1	115	10.9	10.0				
2	111	12.6	10.2	12.3			
3	57	14.5	10.3	12.4	14.1		
4	20	15.7	10.3	12.0	14.2	15.6	
5	1	16.9	10.2	12.4	14.2	15.6	16.9
TOTAL	304		10.2	12.4	14.2	15.6	16.9
			MACHOS				
1	59	10.8	10.3				
2	64	12.3	10.1	12.1			
3	12	14.4	10.5	12.3	14.0		
TOTAL	135		10.3	12.2	14.0		
			TODOS LOS PECES				
1	195	10.9	10.1				
2	175	12.7	10.2	12.2			
3	69	14.5	10.3	12.4	14.3		
4	20	15.7	10.3	12.0	14.2	15.6	
5	1	16.9	10.2	12.4	14.3	15.6	16.9
TOTAL	586		10.2	12.4	14.3	15.7	16.9

Tabla 2. Largos (LH) retrocalculados a la edad, de la sardina de ley, en el Golfo de Batabanó.
Table 2. *Back-calculated fork length (LH) at age of red-eared sardine from the Batabano Gulf.*

pesar de que los anillos se distinguen con nitidez, no fue posible determinarles la edad al 12% (n=103) de los individuos debido a que sus escamas estaban deformadas o sus placas centrales regeneradas, o sea, sin marcas de crecimiento.

La variación mensual del ancho de la zona marginal y el porcentaje de peces con anillo en el borde de las escamas (Fig.1), se manifiesta como una curva bimodal, sugiriendo la formación de dos marcas anuales, una en marzo-mayo y la otra octubre-diciembre (principalmente noviembre). En ambos momentos es alto el porcentaje de peces con anillos en el borde y pequeño el incremento marginal. Para los cálculos del crecimiento se tomó el anillo que se forma en primavera, época de mayor intensidad de la reproducción (García-Cagide, 1988). y en la cual nace, por tanto, la mayor parte de los individuos de esta especie. Es probable que los cambios metabólicos del proceso de maduración sexual y desove, que coincide con el período de transición invierno-verano (cuya tasa de cambio anual de la temperatura, es mayor en los meses de marzo-abril

Características de crecimiento	Edad (años) 1	2	3	4	5
Radio medio de los anillos en las escamas (mm)	4.12	4.89	5.58	6.14	6.60
Largos retrocalculados por la ecuacion: LH=-0.8+2.69RE	10.2	12.4	14.3	15.7	16.9
Largo calculados por la ecuacion de von Bertalanffy (cm)	9.6	12.6	14.6	15.9	16.8
Incremento absoluto anual	10.2	2.2	1.9	1.4	1.2
Pesos calculados por la ecuacion. de von Bertalanffy ($W\alpha$= 118 g)	15	34	55	72	86
Incremento absoluto en peso (g).	15	19	21	17	14

Tabla 3. Principales indicadores del crecimiento de la sardina de ley, en el Golfo de Batabanó.
Table 3. *Mainly growth indicators of red-eared sardine from the Batabano Gulf.*

que en otro momento del año (CLARO Y RESHETNIKOV, en prensa), provoquen la formación de esta marca en las escamas. El anillo que se forma en octubre-diciembre, esta relacionado con la disminución de la temperatura del agua al inicio del período invernal producto de la entrada de los "frentes fríos", que provoca una reducción de la tasa de crecimiento.

De mayo a agosto, se produce un rápido incremento de la zona marginal de las escamas (56% de su crecimiento anual), demostrativo del aumento de la tasa de crecimiento en estos meses (Fig.1).

El primer anillo que se observa en las escamas se forma en noviembre a 2.9- 4.4 mm (R= 3.8± 0.21 mm) del centro, antes de que los peces cumplan un año de edad. El segundo anillo, aparece en primavera, a una distancia promedio del centro de 4.12± 0.05 mm, y es considerado como la primera marca anual.

El análisis de covarianza demostró que no existía diferencia significativa (para un nivel de confianza del 95%) entre las relaciones de la longitud del pez y el radio total de las escamas de ambos sexos, lo que nos permitió unir los datos de todos los ejemplares, obteniéndose la ecuación:

Clases de largo (cm)	Frecuencias n	%
4- 4.9	6	0.3
5- 5.9	33	1.5
6- 6.9	97	4.5
7- 7.9	60	2.8
8- 8.9	120	5.6
9- 9.9	219	10.2
10-10.9	283	13.2
11-11.9	348	16.3
12-12.9	412	19.3
13-13.9	314	14.7
14-14.9	162	7.6
15-15.9	73	3.4
16-16.9	12	0.6
N	2139	
L_∞ = 18.5 cm	K = 0.407	Lc = 12.0 cm
	T = 27°C	L = 13.43 cm
Z = 1.44	M = 1.08	F = Z- M = 0.36
E = F/Z = 0.25		

Tabla 4. Distribución de frecuencias de largo de la sardina de ley, las tasas de mortalidad total (Z), natural (M) y por pesca (F) y los párametros utilizados para calcularlas.
Table 4. *Length-frequency distributions of red-eared sardine, total (Z), natural (M) and fishing (F) mortalities rates and the used parameters for it calculation*

$$LH = 0.8 + 2.69\ RE\ ;\ r = 0.994;\ n = 723$$

LH: largo horquilla del pez (cm)
RE: radio total de la escama (mm)

Se comprobó una regularidad entre el aumento en largo de los peces y el número de anillos anuales en las escamas (Fig. 2). Igualmente encontramos que a medida que aumenta el número de anillos anuales se incrementa el radio de las escamas (Fig. 3).

Los resultados obtenidos nos evidencian que las escamas son estructuras adecuadas para la determinación de la edad y el crecimiento de la sardina de ley y que las marcas consideradas son de crecimiento.

Crecimiento

La relación entre el crecimiento en longitud y en peso, se calculó para hembras y machos por separado (Tabla 1). Un análisis de covarianza mostró que no existen diferen-

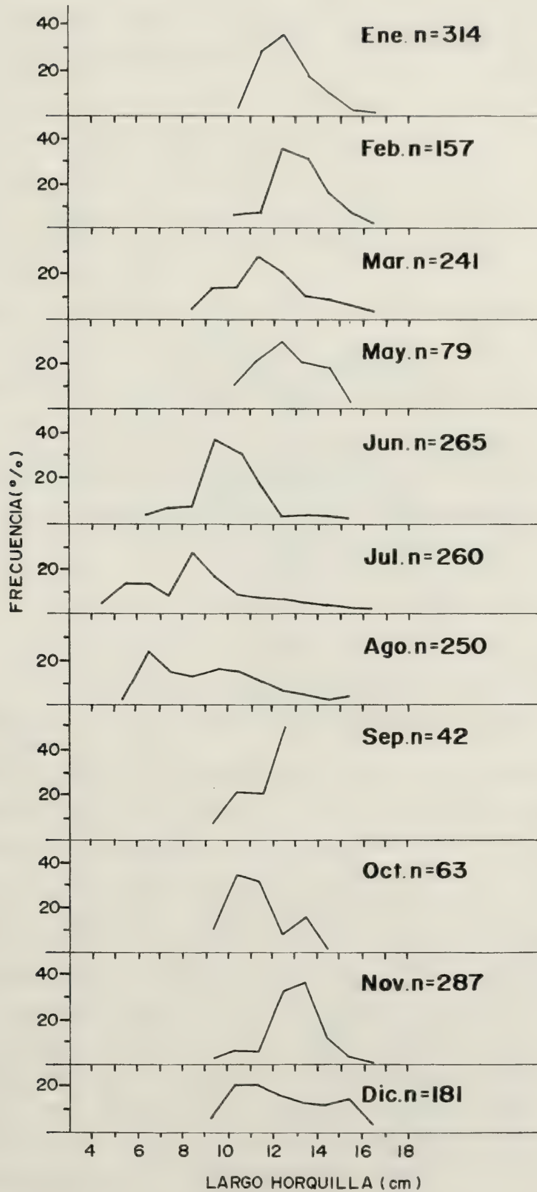


Fig.4. Distribución de frecuencias de largos de la sardina de ley, en los muestreos mensuales realizados en el Golfo de Batabanó.

Fig.4. *Length-frequency distributions for red-eared sardine in the monthly samples from the Batabano Gulf.*

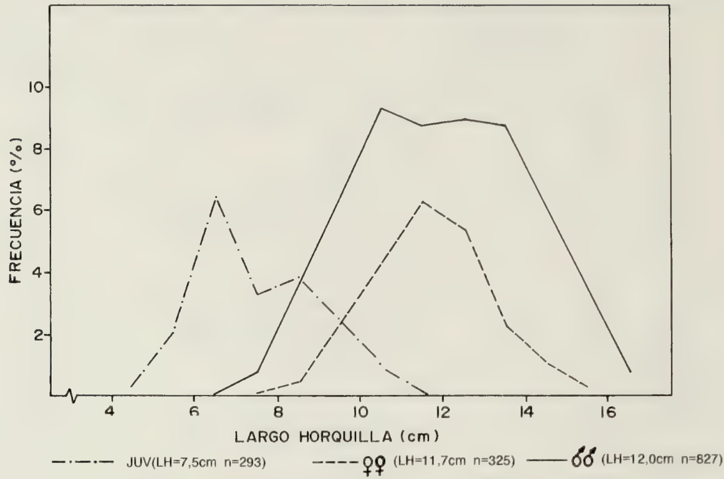


Fig.5. Distribución de frecuencias por largos y sexos de *Harengula humeralis* en los muestreos del Golfo de Batabanó.

Fig.5. *Length-frequency distributions (by sexes) for* Harengula humeralis *in the samples from the Batabano Gulf.*

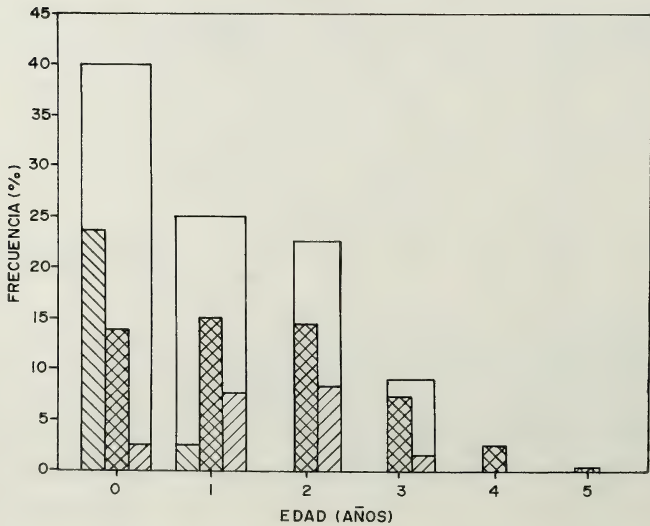


Fig.6. Composición por edades y sexos de *Harengula humeralis* en los muestreos en el Golfo de Batabanó.

Fig.6. *Age compositions (by sexes) for* Harengula humeralis i*n the samples from the Batabano Gulf.*

cias significativas entre ellas, con un nivel de confianza del 95%, por lo que se puede utilizar una sola ecuación para los dos sexos.

Se encontró que entre los largos horquilla (LH), estándar (LE) y total (LT) existen relaciones lineales para los peces comprendidas entre 4 y 17 cm expresadas por las ecuaciones:

$$LE = 0.12 + 0.95\ LH \quad (r = 0.987;\ n = 600)$$
$$LH = 0.19 + 1.04\ LE \quad (r = 0.996;\ n = 600)$$
$$LT = 0{,}29 + 1{,}15\ LH \quad (r = 0.993;\ n = 600)$$
$$LT = 0.55 + 1.18\ LE \quad (r = 0.991;\ n = 600)$$

con las cuales pueden convertirse las medidas dadas en este trabajo con las de otros autores.

La ecuación obtenida de la correlación entre el largo del pez y el radio de las escamas se utilizó para retrocalcular los largos de la sardina de ley en el momento de formación de los anillos, para cada uno de los sexos. El análisis de covarianza demostró que no existen diferencias significativas para un nivel de confiabilidad de 95% (Tabla 2).

El crecimiento de las sardinas de ley durante el primer año es muy intenso, alcanzando los peces alrededor de 60% de su largo máximo (Tabla 3). El rápido crecimiento en esta etapa del ciclo de vida es característico de los peces tropicales (Claro y García-Arteaga, en prensa). Sin embargo a partir del primer año se observa una brusca disminución de la tasa de crecimiento. Esto se debe a que a los 11 cm se reproduce por primera vez (García-Cagide, 1988), lo que provoca el desvío de una parte considerable de los recursos energéticos del organismo hacia el metabolismo generativo en detrimento del crecimiento somático.

Los largos retrocalculados para cada edad, fueron utilizados para determinar los parámetros del modelo de crecimiento teórico de von Bertalanffy. Inicialmente los parámetros de esta ecuación se calcularon por el trazado de una línea Walford (Walford, 1946): $l_{t+1} = L_\infty (1\text{-}K) + K_t$, donde l_t = largo horquilla a la edad t y K = es la pendiente de esta línea y L_∞= al largo asintótico. La pendiente (k) es igual a e^{-K}, por lo cual, para nuestra primera estimación K= -ln 0.8101 ó 0.2105 y el largo asintótico 21.2 cm.

Los valores preliminares del largo asintótico (L_∞= 21.2 cm) y de la constante de crecimiento (K = 0.23), fueron evaluados con el método de Everhart, Eippen y Youngs (1975), que consiste en el ploteo de ln (L_∞ - l_t) vs. t, empleando valores de prueba con intervalos de 1cm para L_∞ y tomando como orientación el valor preliminar obtenido. La pendiente de dicha línea corresponde al valor de K. Se encontró la mejor correlación con L_∞ = 18.5 cm, al que le correspondía un valor de K = 0.407. Con estos parámetros y el valor del intersepto y, se estimó el valor de t_o = -0.797, el que se ajustaba mucho mejor a los datos. De esta manera la ecuación que representa el crecimiento teórico de la sardina de ley es:

$$l_t = 18.5\ (1 - e^{-0.407\ (t + 0.797)})$$

siendo: L_∞ = 21,8 cm; t_o = -0.797 y K = 0.407

Al comparar estos parámetros con los de otra especie de sardina, la sardina escamuda, *Harengula jaguana* calculados por HUBOLD Y MAZZETTI (1982) en Brasil, pudimos observar que ésta última alcanzaba un largo asintótico similar (L_∞ =18.2 cm) pero con una tasa de crecimiento mayor (K = 0,60).

Mediante la ecuación de regresión largo-peso dada anteriormente se estimó el peso asintótico P_∞ = 198 g correspondiente a L_∞.

La tabla 3, resume los principales parámetros de crecimiento obtenidos para la sardina de ley en la parte E del Golfo de Batabanó.

Tamaño máximo y composición de las capturas

RANDALL (1968) señaló una talla máxima para la sardina de ley en el Caribe de 21.6 cm (LT), mientras que BOLHKE Y CHAPLIN (1968) reportan que esta llega aproximadamente a los 22.8 cm (LT) en las Bahamas. En las aguas cubanas GUITART (1974) reportó 18 cm (LT) como largo máximo, mientras que el mayor ejemplar capturado por nosotros midió 16.9 cm LH (LT = 18.6 cm), con un peso total de 81 gramos y 5 años de edad.

La clase modal fluctuó entre 10.5 y 13.5 cm LH, con la aparición de peces menores de 6 cm LH en julio y agosto (Fig. 4), nacidos probablemente entre febrero y abril, época de máxima intensidad de la reproducción (BUSTAMANTE, 1987 y GARCÍA-CAGIDE, 1988).

No se apreció la existencia de diferencias notables entre las tallas de cada sexo (Fig. 5), así como que las hembras fueron 2.5 veces más abundantes. El predominio de estas se apreció en todos los grupos de edad, siendo además las más longevas (Fig. 6). Prácticamente todos los peces tenían diferenciado el sexo a partir del primer año de vida, y el peso de las capturas recayó en los individuos de 9-15 cm LH y 12-60 g de peso (84%), correspondientes a los grupos de edad 0, I y II.

Mortalidad

Los valores obtenidos de la mortalidad total (Z= 1.44) y natural (M= 1.08) calculada esta última por el método de PAULY (1980) (Tabla 4), son altos y característicos de los peces pequeños pelágico-costeros como la sardina de ley. Como se observa la mortalidad por pesca es mínima, lo que se debe a que en esta región no hay una pesca permanente dirigida hacia la captura de esta especie. La tasa de explotación obtenida (E = 0.25) se encontraba en 1978-1980, muy por debajo de la tasa de explotación máxima a que podía ser sometida la especie sin provocar una sobrepesca (E=0.62), lo que indica que el potencial de esta especie estaba subexplotado.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a los doctores Alida García-Cagide, Georgina Bustamante, Luis Sierra y Rodolfo Claro, por su colaboración en la recolección y procesamiento de los datos, así como por sus sugerencias y orientaciones en la elaboración de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

BAISRE, J. 1985. *Los recursos pesqueros marinos de Cuba: Fundamentos Ecológicos y Estrategia para su utilización*. Tesis en opción al Grado de Doctor en Ciencia, La Habana, 189 pp.

BERTALANFFY, L. VON. 1938. A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws II). *Human Biol.*, 10(2):181-213.

BEVERTON, R. J. H. Y HOLT, S. J. 1956. A review of methods for estimating mortality rates in exploited fish population, with special reference to sources of bias in cathch sampling. *Rapp. Cons. Explor. Mer.*, 140 (1): 67-83.

BOLHKE, J. E. Y CHAPLIN, C. G. 1968. *Fishes of the Bahamas and adjacent tropical waters*. Livingstone Publ. Co., Wynnowood, Pa., 771 pp.

BUSTAMANTE, G. 1987. Características ecofisiológicas de la sardina de ley, *Harengula humeralis* (Cuvier, 1829), en aguas cubanas. *Rep. Invest. Inst. Oceanol., Acad. Cien. Cuba*, 56: 1-17.

CLARO, R. Y GARCÍA-ARTEAGA, J. P. (en prensa). Crecimiento. En *Ecología de los peces marinos de Cuba*. (R. Claro, ed.) Editorial Academia.

CLARO, R. Y RESHETNIKOV, Y. (en prensa). Condiciones del hábitat. En *Ecología de los peces marinos de Cuba*. (R. Claro, ed.) Editorial Academia.

EVERHART, W. H., EIPPEN, A.W. Y YOUNGS, W.D. 1975. *Principles of Fishery Science*. Cornell Univ. Press, Ithaca, New York, 288 pp.

GARCÍA, T. 1976. Alimentación natural de dos especies de sardinas, *Harengula humeralis*, (Cuvier) y *Harengula clupeola* (Cuvier). *Invest. Mar.*, ser. 8 (24): 1-16.

GARCÍA-ARTEAGA, J. P. Y CLARO, R. 1987. *Resumen de las capturas por especies y zonas en aguas de la plataforma cubana, en el período 1959-1985, 15 pp y 910 tablas*. Archivo Cient. Inst. Oceanol. Acad. Cien. Cuba.

GARCÍA-CAGIDE, A. 1988. Particularidades de la reproducción de la sardina de ley, *Harengula humeralis* (Cuvier, 1829) en la región oriental del Golfo de Batabanó, Cuba.

GUITART, D. 1974. *Sinopsis de los peces marinos de Cuba*. Acad. Cien. Cuba, La Habana, vol 1.

HUBOLD, G. Y MAZZETTI, M. V. 1982. Growth, morphometry, and aspects of live history of the scaled sardine *Harengula jaguana* Poey, 1865 in the Guanabara Bay (Brasil). *Meeresforschung, Rep. Mar. Res.*, 2:80-88.

MARTÍNEZ, S. Y HOUDE, E.D. 1975. Fecundity, sexual maturation, and spawning of scaled sardine (*Harengula jaguana*, Poey). *Bull. Mar. Sci.*, 25(1):35-45.

PAULY, D. 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean enviromental temperature in 175 fish stocks. *J. Cons. Int. Explor. Mer.*, 39(2):175-192.

RANDALL, J. E. 1968. *Caribbean reef fishes*. New York, 318 pp.

SIERRA, L. M. Y DÍAZ-ZABALLA, J. 1984. Alimentación de dos especies de sardina, *Harengula humeralis* (Cuvier, 1829) y *Harengula clupeola* (Cuvier, 1829), en la costa N de la Ciudad de La Habana (rada del Instituto de Oceanología). *Rep. Invest. Acad. Cien Cuba*, 25:1-18.

SIERRA, L. M. 1987. Peculiaridades de la alimentación de la sardina de ley, *Harengula humeralis* (Cuvier, 1829), en la región oriental del Golfo de Batabanó, Cuba. *Rep. Invest. Inst. Oceanol. Acad. Cien. Cuba*, 69:1-19.

SILVA, A. 1974. Algunos datos sobre la bilogía de la sardina de ley, *Harengula humeralis* (Cuvier y Valenciennes), en la costa NW de Cuba. *Ser. oceanol. Acad. Cien. Cuba*, 22:1-11.

SILVA, A. 1975. Acerca de la actividad de los depredadores y el "arisqueo" en una mancha de sardinas (*Harengula sp.*). *Ser. oceanol. Acad. Cien. Cuba*, 32: 7-12.

SUAREZ-CAABRO, J. A., DUARTE-BELLO, P. P. Y ÁLVAREZ-REGUERA, J. 1961. Biología y tecnología de las sardinas cubanas. I. *Harengula pensacolae cubana* Rivas y *Harengula humeralis* (Cuvier). *ICIT*, 19:1-87.

WALFORD, L. A. 1946. A new graphic method for describing the growth of animals. *Biol. Bull (Woods Hole)*, 90:141-147.

Avicennia, 1993, 0: 26- 33

Distribución espacio-temporal de bacterias heterótrofas en la zona oceánica al S de Cuba.

Temporal-space distribution of heterotrophic bacteria in the South oceanic waters of Cuba.

María Elena Miravet, Margarita Lugioyo y Mariano Bellota.

Instituto de Oceanología, Academia de Ciencias de Cuba. Ave. 1ª, nº 18406, entre184 y 186, Municipio Playa, Ciudad de La Habana, Cuba.

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue determinar la distribución espacio-temporal de las bacterias heterótrofas en 69 estaciones situadas en aguas oceánicas al sur de Cuba. Las muestras se colectaron de diferentes profundidades: superficie, inicio de la termoclina y final de la capa fótica (200 metros). El resultado del análisis estadístico no mostró diferencias significativas entre los valores de concentración en los diferentes niveles de profundidad muestreados. La concentración promedio de bacterias heterótrofas varió entre 0.3 hasta 3.8 x 10^3 CFU/ml,considerando toda el área de trabajo. Se detectaron cinco áreas de mayor riqueza bacteriana: W de la Fosa de Jagua, frente a la bahía de Cienfuegos, E de la Fosa de Jagua, entre Cabo Francés y Punta Francés y al suroeste de Cabo Cruz. Las zonas de mayor abundancia de microorganismos coinciden con aquellas que tienen mayores concentraciones de plancton. Además, se observó una coincidencia entre las regiones de afloramientos y hundimientos, así como las zonas más influenciadas por las aguas de la plataforma, y las regiones de mayor abundancia de microorganismos heterótrofos. En la época lluviosa se detectaron valores relativamente mayores de bacterias saprófitas que en la época de seca.

Abstract

The aim of this work was to determine the space-temporal distribution of heterotrophic bacteria in 69 oceanic waters stations in the south region of Cuba. The samples were collected at different levels: surface, beginning of the thermocline and the end of the photic layer. Statistical analysis did not show any significant difference among concentrations of heterotrophic bacteria at different studied levels. The main concentration of heterotrophic plate counts ranged from 0.3 to 3.8 x 10^3 CFU/ml considering the whole working area. Five areas rich in microorganisms were described: W Fosa de Jagua,in the south of Cienfuegos bay, E Fosa de Jagua,between Cabo Francés and Punta Francés, and in the SW of Cabo Cruz. The zones characterized by the highest microorganisms concentrations were coincident with those having elevated concentrations of planktonic organisms. Also, it was observed high coincidence with the upwelling and downwelling regions, the zones were influenced by waters of Cuban shelf and areas where it was found relatively high values of heterotrophic bacteria. In the raining season it was found higher values of saprophytes bacteria than in the dry season.

Palabras clave: bacterias heterótrofas, distribución bacterias, aguas oceánicas.

Key words: heterotrophic bacteria, distribution of bacteria, oceanic waters.

INTRODUCCIÓN

Por su activa participación en el proceso de mineralización de la materia orgánica, las bacterias heterótrofas son las principales responsables de la formación de los nu-

trientes necesarios para la vida de los organismos que integran la trama alimentaria en el mar.

En regiones oceánicas distantes de la costa, donde es difícil el arrivo de materia orgánica terrestre, el papel de las bacterias heterótrofas es aún más importante, por cuanto se ocupan de descomponer tanto las sustancias excretadas por los organismos,como los organismos muertos, proeviendo de nutrientes las capas profundas del océano.

Además de su importante participación en la descomposición de la materia orgánica, las bacterias heterótrofas pueden ser indicadores de fenómenos hidrológicos. Según Goske (1975), variaciones en la densidad celular pueden indicar la convergencia de aguas de diferentes orígenes, áreas de confluencia de ríos y agua de mar, termoclinas, etc.

Hasta el presente, la mayoría de los trabajos publicados sobre microbiología del Mar Caribe tratan sobre el estudio de las aguas cercanas a las costas. En particular, de la region oceánica al sur de Cuba, sólo existen algunos datos de distribución cuantitativa de bacterias heterótrofas reportados por Anishenko (1967), durante un crucero realizado en la region occidental del Mar Caribe.

El presente trabajo tiene como objetivo mostrar la distribución espacio-temporal de las bacterias heterótrofas en la capa fótica, hasta 200 metros de profundidad,en la zona oceánica al sur de Cuba, relacionándo los resultados con diferentes factores bióticos y abióticos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron cinco cruceros de investigación a bordo del BIC "Ulises" a partir de julio de 1988, con una frecuencia trimestral. Se muestrearon un total de 69 estaciones (fig. 1).

Las muestras de agua se colectaron con botellas "Nansen" a diferentes profundidades: 1 metro por debajo de la superficie, inicio de la termoclina y 200 metros.

Todas las muestras se procesaron asépticamente inmediatamente después de la colecta, realizándose diluciones de las mismas con agua de mar estéril hasta 10^{-2} .A partir de las diluciones de las muestras, se sembró 1 ml a profundidad en placas Petri, por triplicado, empleándose el medio 6 recomendado por Gorvienko (1961). Las placas se incubaron a 25°C realizándose recuento de unidades formadoras de colonias (UFC) cada 24 horas durante tres dias.

Los resultados obtenidos se procesaron estadísticamente para determinar si presentaban diferencias significativas entre los niveles muestreados, para un 0.05 % de error.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El valor promedio de concentración de bacterias heterótrofas, considerando toda el área de trabajo, fue de 1.5 x 10^3 UFC/ml, variando los valores en general, entre 0.3 y 3.8 x 10^3 UFC/ml (Fig.2).



Fig.1. Localización de las estaciones de trabajo.
Fig.1. *Localization of the sampling stations.*

Anishenko en 1967 reportó valores de concentración de bacterias heterótrofas para la region occidental del Mar Caribe, tres órdenes menores a los encontrados por nosotros en la region oceánica al S de Cuba, y destaca la zona ubicada al S de Cabo Cruz por su abundancia de bacterias heterótrofas, aspecto en el que coinciden nuestros resultados.

En cuanto al análisis estadístico de los resultados, los valores de concentración de saprófitos obtenidos no arrojaron diferencias significativas entre los niveles muestreados , lo que es un indicador de la homogenea distribución de la materia orgánica en la columna de agua, al menos, hasta los 200 metros de profundidad.

En la zona que comprende la Fosa de Jagua, el valor promedio de concentración fue de 1.3 x 10^3 UFC/ml, mientras que en la Zona Exclusiva Económica el valor promedio fue de 1.4 x 10^3 UFC/ml a pesar de la influencia del aporte terrígeno que evidentemente, es mayor en el sector comprendido entre Casilda-Cazones que en la zona oceánica. Esta relativa homogeneidad puede deberse en gran medida, al proceso de intercambio de aguas entre mar abierto-Fosa de Jagua, que según VICTORIA *ET AL.*(1990), es un proceso de intercambio bien balanceado entre las dos subzonas, como se infiere de los resultados del modelo de circulación cuasigeostrófica aplicado a la Fosa de Jagua . Esta homogeneidad también se detectó en la distribución de los valores de concentración de nutrientes hasta los 200 metros de profundidad, en ambas regiones,que según FERNÁNDEZ, HIDALGO, LOPÉZ, GARCÍA Y PENIÉ (1990),no presentaron diferencias significativas.

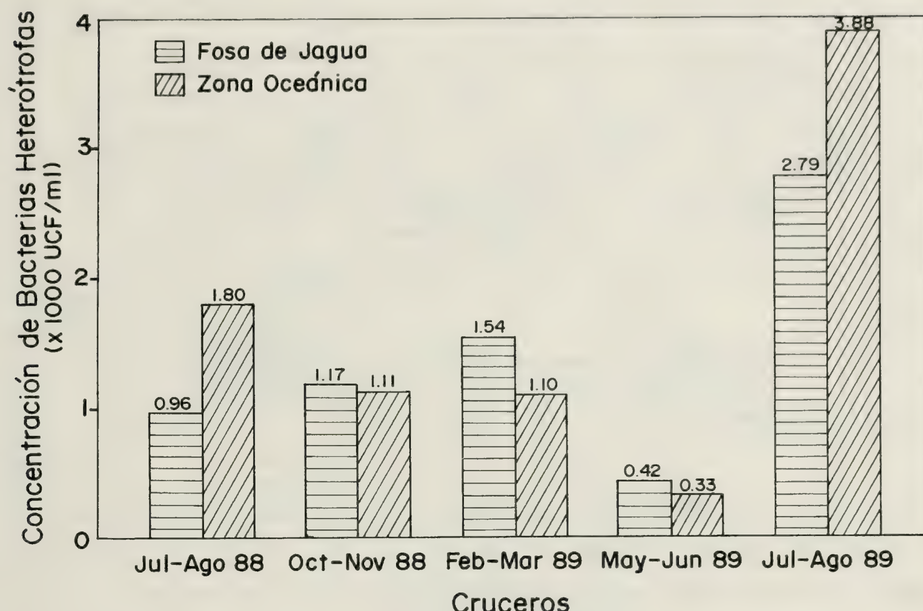


Fig. 2. Valores promedio de concentración de bacterias heterótrofas obtenidos en cada crucero de investigación.
Fig. 2. *Average concentrations of heterotrophic bacteria in the sampling zone in different expeditions.*

No obstante, debe señalarse, que en el crucero de julio-agosto de 1989 se encontró un destacado aumento en la concentración de bacterias heterótrofas, en particular, en la Fosa de Jagua (fig. 2). Los meses de verano se caracterizan por la ocurrencia de lluvias que traen consigo un aumento del escurrimiento terrestre, provocando un enriquecimiento de materia orgánica y bacterias adventicias en la zona costera. En la zona oceánica distante de la costa este efecto es menos importante, por lo que el aumento detectado debe estar relacionado con otros factores oceanográficos, como pudieran ser las corrientes oceánicas y el propio aporte de materia orgánica a través de las aguas de la plataforma cubana.

El análisis de la distribución espacial de la concentración de bacterias heterótrofas en cada crucero, permite reconocer, en general, cinco zonas de mayor abundancia de bacterias que coinciden con las regiones de mayor riqueza plactónica (Pérez, Gil, y Loza 1990), y que se corresponden además, con zonas de afloramientos o hundimientos, o son regiones muy influenciadas por las aguas enriquecidas de la plataforma (Fig.3).

En la region W de la Fosa de Jagua, existe una gran influencia del aporte de materia orgánica procedente de la Ciénaga de Zapata, así como de los propios manglares que rodean los pequeños cayos que se encuentran en esta zona. Además, debe considerarse la influencia del aporte de materia orgánica alóctona procedente de la bahía de Cochinos, que unido al propio sistema de circulación de las aguas, favorecen la fertilización de esta re-

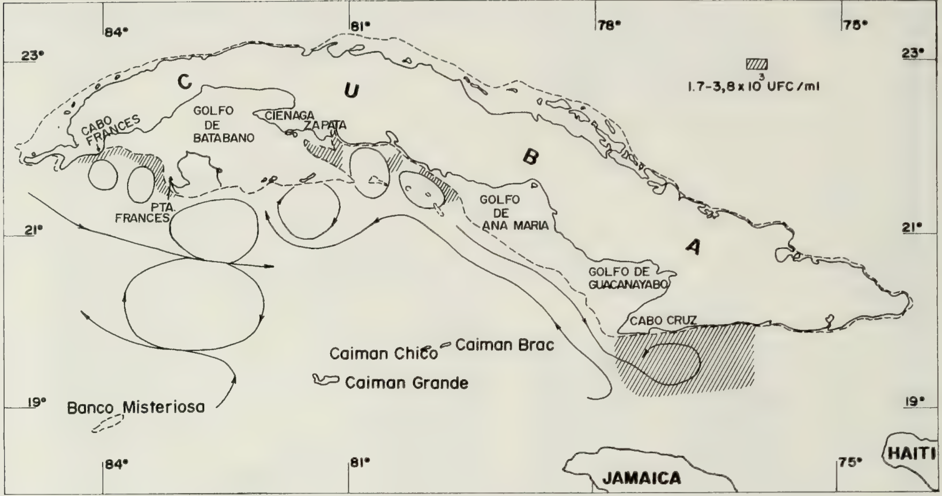


Fig. 3. Representación del esquema general de circulación de las aguas y zonas de mayor concentración de bacterias heterótrofas.
Fig. 3. *Schematic representation of water circulation in the sam-pling region and zones with highest values of heterotrophics bacteria.*



Fig. 4. Concentración de bacterias heterótrofas en la época de lluvias en la region de trabajo.
Fig. 4. *Mean concentration of heterotrophic bacteria in the rainning season in the sampling area.*



Fig .5. Concentración de bacterias heterótrofas en la época de seca en la region de trabajo.
Fig. 5. *Mean concentration of heterotrophic bacteria in the dry season in the sampling area.*

gión del Golfo de Cazones. Estas condiciones son muy favorables para el desarrollo de comunidades bacterianas heterótrofas que tienen garantizada la fuente de carbono y energía necesaria para llevar a cabo su actividad descomponedora.

En la region central, frente a la Bahía de Cienfuegos, el efecto de las aguas de la bahía no parece ser el principal causante del enriquecimiento, ya que los mayores valores de concentración de bacterias se detectaron hacia el SE de la bahía, posiblemente asociados a eventos dinámicos verticales, más que al efecto de la bahía.

Según FERNÁNDEZ *ET AL.*(1990),los valores de concentración de nutrientes en esta zona reflejan que el efecto de las aguas de la bahía sobre la Fosa es casi nulo.

Hacia la region E de la Fosa de Jagua, el aporte de las aguas de la plataforma sur-oriental, que comprende los golfos de Ana María y Guacanayabo, parece ser la principal causa del enriquecimiento de bacterias, obteniéndose valores de concentración que variaron entre 1.2 y 1.7 x 10^3 UFC/ml.

En cuanto a la region comprendida entre Cabo Francés y Punta Francés (fig.3), es precisamente por donde salen las aguas que penetraron al Golfo de Batabanó por su parte oriental, por tanto, en su movimiento hacia el W se enriquecen con la materia organica producida en los diferentes biotopos del Golfo, así como el aporte terrígeno de la isla que trae consigo materia orgánica y bacterias, que si bien en su mayoría no son de origen marino, su transición gradual a un ambiente de mayor salinidad puede causar la adaptación de muchas formas microbianas a las condiciones marinas.

En esta region oeste de la Zona Exclusiva Económica de Cuba, se han descrito zonas frontales que favorecen el ingreso de nutrientes a la columna de agua (VICTORIA *ET AL.*, 1990), lo que contribuye al desarrollo de bacterias heterótrofas que utilizan estos

compuestos en la síntesis de su propia biomasa. En esta zona se encontraron tambien altas concentraciones de organismos planctónicos (PÉREZ *ET AL.*,1990.)

Según Jacobsen, Pomeroy y Blanton (1983), en una zona frontal frente a las costas de Georgia, E.E.U.U., se detectó que los valores de biomasa bacteriana no fueron estadísticamente diferentes a los encontrados en los alrededores del mismo, pero sí se obtuvieron valores altos de actividad bacteriana heterotrófica en la zona frontal. Este comportamiento demuestra que en esta zona predominan las comunidades de bacterias heterótrofas y que la presencia temporal de altas concentraciones de nutrientes no necesariamente conducen a un aumento en la producción de biomasa (OVERBECK Y SAKO, 1988). En aguas oceánicas, donde predominan condiciones oligotróficas, las bacterias se adaptan a estas condiciones adecuando sus requerimientos nutricionales. No obstante, ante un aumento de la concentración de nutrientes puede estimularse el desarrollo del fitoplancton y por tanto, hay mayor materia orgánica disponible para ser degradada por los microorganismos, por lo que se ve favorecido el proceso de mineralización.

De igual forma,al sur de Cabo Cruz hasta Santiago de Cuba, el comportamiento dinámico de la masa de agua facilita el ingreso de nutrientes a la columna de agua, debido a la formación de una zona frontal en los límites de un hundimiento localizado al oeste del Golfo de Ana María, y un afloramiento detectado al suroeste de Cabo Cruz (VICTORIA *ET AL.*, 1990). A esta situación oceanográfica se une el constante aporte de materia orgánica procedente del complejo montañoso Sierra Maestra (fig. 3).

En el análisis espacial de las variaciones de la concentración de bacterias heterótrofas hemos detectado que existe una cierta correspondencia entre las zonas de mayor abundancia de bacterias y la presencia de eventos dinámicos verticales. Así mismo, esta correspondencia se observa en zonas de constante influencia del aporte aguas de la plataforma insular y en aquellas regiones donde es marcado el efecto del escurrimiento terrestre, aunque éste último, en menor medida, considerando el efecto de dilución que tiene lugar por la confluencia de aguas oceánicas (fig. 3).

En cuanto a las variaciones estacionales, los resultados se agruparon según las épocas de lluvia y seca, que comprenden los cruceros de verano e invierno, respectivamente, teniendo en cuenta que son las épocas de mayor influencia en nuestro clima.

En el caso de la Fosa de Jagua, coinciden las áreas de mayor abundancia de bacterias en las dos épocas, notándose una mayor extensión del área enriquecida en el período lluvioso, lo que evidentemente es el resultado de un mayor efecto del drenaje de materia orgánica terrestre y bacterias adventicias que se incrementa producto de las precipitaciones (figs. 4 y 5).

En la region oceánica que comprende la Zona Exclusiva Económica, también coinciden los valores más altos de concentración en la época de lluvias, excepto en el sur de Cabo Cruz hasta Santiago de Cuba, donde encontramos un permanente enriquecimiento, independientemente de la época del año (figs. 4 y 5). Este comportamiento puede estar asociado al efecto de la corriente oceánica que circula bordeando la plataforma cubana en sentido noroeste y al propio aporte del fitoplancton que en esta época resultó más abundante (PÉREZ *ET AL.*,1990).

CONCLUSIONES

1. El valor promedio de concentración de bacterias heterótrofas en la region oceánica al sur de Cuba fue de 1.5 x 10^3 UFC/ml, variando los valores en general, entre 0.3 y 3.8 x 10^3 UFC/ml.

2. Las zonas de mayor abundancia de bacterias heterótrofas coincidieron con las de mayor riqueza planctónica, así como, con zonas donde se describieron eventos dinámicos verticales o se encuentran influenciadas por las aguas enriquecidas de la plataforma insular cubana.

3. El valor relativamente más alto de concentración de bacterias heterótrofas se encontró durante el crucero de julio-agosto de 1989.

4. En el período lluvioso se detectó la mayor abundancia de bacterias heterótrofas en la region de trabajo, destacándose en particular, la zona al sureste de Cabo Cruz, donde se encontraron valores altos de bacterias heterótrofas independientemente de la época del año.

BIBLIOGRAFÍA

ANISHENKO, E. 1967. Distribución de bacterias heterótrofas en aguas del Golfo de México y del Mar Caribe. *Estudios, Instituto de Oceanología*, 2(2): 5-20.

BILLEN , G. 1990. Delayed development of bacterioplankton:a clue for understanding their trophic relationships. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, 34: 191-201.

FERNÁNDEZ, M.A., HIDALGO, R.M., LÓPEZ, D., GARCÍA, I. Y PENIE, I. 1990. *Caracterización hidroquímica de la Fosa de Jagua y la Fosa Exclusiva Económica al sur de Cuba*. Informe Final. Instituto de Oceanología. Archivo Cientifico.70pp.

GORVIENKO, Y. A. 1961. Sobre las ventajas cualitativas del agar nu-triente en medios de cultivo para microorganismos marinos heterótrofos. *Microbiologia*, 30(1):168-172.

GOSKE, K. 1975. Studies on short-team variations of heterotrophic activities in the Kiel Fjord. *Mar.Biol.*, 33(1): 44-55.

JACOBSEN, T. R., POMEROY, L. R. Y BLANTON, J. O. 1983. Autotrophic and heterotrophic abundance and activity associated with a Nearshore Front of Georgia Coast, USA. *Estuar. Coastal and Shelf Sci.*, 17: 509-520.

PÉREZ, R., GIL, C. Y LOZA, S. 1990. *Variaciones estacionales del fitoplancton en aguas oceánicas al sur de Cuba*. Informe Interno. Instituto de Oceanologia. Archivo Cientifico. 20pp.

VICTORIA, I., CABAL, A., GARCÍA, R., HERNÁNDEZ, M. 1990. *Características oceanográficas de la Fosa de Jagua y la ZEE al sur de Cuba*. Informe Interno. Instituto de Oceanologia. Archivo Científico.119pp.

Avicennia, 1993, 0: 34- 42

Producción de biosurfactantes por bacterias marinas degradadoras de hidrocarburos.

Biosurfactant production by hydrocarbon-degrading marine bacteria.

Isabel N. Joseph*, Mª Cristina Capó de Paz, Mariano Bellota*, Francisca Rodríguez*, Anolan Fiol**

** Instituto de Oceanología, Academia de Ciencias de Cuba. Ave. 1ª, nº 18406, entre184 y 186, Municipio Playa, Ciudad de La Habana, Cuba.*

*** Centro de Investigaciones Químicas*

Resumen

En el presente trabajo se reporta la detección y selección de bacterias marinas degradadoras de petróleo que son capaces de producir biosurfactantes al cultivarse sobre diferentes hidrocarburos como única fuente de carbono. Para la detección se siguió el criterio de la hemólisis positiva, y para la selección se midieron la tensiones superficiales e interfaciales a los caldos de cultivo, se determinó la concentración micelar crítica (CMC) de los biopolímeros, así como su actividad emulsionante. La reducción de las tensiones superficiales e interfaciales (hasta 30 y 10 mN/m respectivamente) y los valores de la concentración micelar crítica (0.5-4%), indican la producción de compuestos con alta actividad superficial. La recuperación del polímero se realizó por precipitación con acetona fría y se obtuvieron rendimientos de 2-5 g/l.

Abstract

Marine microorganisms capable of synthesizing biosurfactants from hydrocarbon substrates were screened by their hemolytic activity on blood agar plates . The microorganisms,ability to produce surfactants was related to the hemolysis halo around the colonies. The ability of these species of marine bacteria to produce active compounds has been tested using a mineral salts medium containing different hydrocarbons as the sole carbon source. The parameters measured included surface and interfacial tensions, emulsification and critical micelle concentration (CMC). The polymers were recovered by precipitation with chilled acetone. Surface and interfacial tensions were reduced to 30-40 mN/m and 10-17 mN/m respectively. Critical micelle concentration measurements indicated the production of appreciable quantities of biosurfactant (0.5-4% W/V). These polymers also had emulsifying properties (40-80 %). The extracellular biosurfactants yield were 2-5 g/l.

Palabras clave: Biotensioactivos, surfactantes microbianos, bacteria marina, degradación de hidrocarburos, tensión superficial, actividad emulgente.

Key words: Biosurfactants,microbial surfactants,marine bacteria, hydrocarbon degradation, surface tension,emulsification test.

INTRODUCCIÓN

Los biosurfactantes son agentes con actividad superficial sintetizados por cultivos microbianos específicos (BOSCH, ROBERT, MERCADÉ, ESPUNY, PARRA Y GUINEA, 1988). Quí-

micamente están constituidos por diferentes tipos de glicolípidos, lipopéptidos, fosfolípidos y lípidos neutros y son producidos principalmente por algunos microorganismos cultivados sobre hidrocarburos (Rosenberg, 1986; Zajic y Seffens, 1984).Estos compuestos se han estudiado intensamente en los últimos años, especialmente debido a sus aplicaciones potenciales en la industria (Gutnick, 1984; Li, Lang,Wagner,Witte y Wray, 1984; Rambeloarisoa, Rontani, Giusti, Duvnjak y Bertrand, 1984 y Zajic y Seffens, 1984).

Muchas aplicaciones de los biosurfactantes han sido descritas. Tal es el caso de la recuperación mejorada del petróleo (Gerson y Zajic, 1979), la solubilización del petróleo en tanques de almacenamiento en refinerías y supertanqueros (Gutnick y Rosenberg, 1977) y la descontaminación de sitios naturales (bahías, ensenadas, costas y lagunas) crónicamente contaminados con petróleo (Atlas, 1981).

Un uso indirecto de los biosurfactantes, es que facilitan el crecimiento de los microorganismos sobre hidrocarburos, y numerosos productos útiles pueden ser obtenidos de estos sustratos, como son una gran cantidad de aminoácidos individuales, azúcares, polisacáridos, ácidos nucleicos, vitaminas , pigmentos (Abbot y Gledhill, 1971) y agentes floculantes producidos sobre keroseno (Zajic y Knettig, 1971).

Los surfactantes de origen biológico pueden ser tan eficaces como algunos surfactantes sintéticos, presentan estructuras químicas y propiedades físicas inusuales y son más biodegradables y menos tóxicos que los sintéticos (Duvnjak, Cooper y Kosaric, 1982). Estos agentes con actividad superficial, generalmente son productos extracelulares de microorganismos o componentes íntegros de la pared celular microbiana (Singer y Finnerty, 1983).

	CEPAS	TENSIÓN SUPERFICIAL (mN/m)
	17	45.1
	35	42.3
	36	39.0
	56	38.2
	84	37.2
	91	42.7
	102	45.3
	110	44.8
	111	45.7
	227	44.8
	269	42.1
	291	40.9
	503	43.2
Bacillus subtilis ATCC 6633		30.3
Control (medio salino)		59.0
Agua destilada		72.0

Tabla 1. Tensiones superficiales de los caldos de cultivos fermentados por las cepas de microorganismos marinos productoras de surfactantes.

Table 1. *Surface tensions measurements of culture broths of biosurfactant producing strains of the marine microorganisms.*

La excreción del biosurfactante requiere del crecimiento de los microorganismos sobre algunos hidrocarburos y frecuentemente dicho crecimiento se acompaña de una emulsificacíon de la fuente insoluble de carbono en el medio de cultivo. Esta capacidad de metabolizar los hidrocarburos constituye la razón principal del estudio de estos microorganismos para la producción de surfactantes (Rosenberg, Perry, Gibson y Gutnick, 1979; Zajic y Pachal, 1976). La producción de biosurfactantes ha sido reportada en cultivos sobre carbohidratos y otros sustratos solubles en agua (Arima, Kakinuma y Tamura, 1968; Suzuki, Tanaka, Matsuhara y Kinoshita, 1969; Cooper, Liss, Longay y Zajic, 1981; Cooper, *et al.*, 1982 y Guerra-Santos, Kappeli y Fiechter, 1984).

Cooper y Zajic (1980) escribieron una síntesis de la naturaleza de los agentes emulsionantes identificados en los medios de cultivos después del desarrollo de los microorganismos sobre hidrocarburos, cuyos agentes fueron capaces de emulsionar esos sustratos hidrofóbicos.

En Cuba no se ha registrado ningún antecedente con respecto a la producción de biosurfactantes , por lo que su desarrollo sería de gran utilidad en diferentes industrias que emplean tensioactivos en grandes cantidades en sus tecnologías, como son la industria petrolera, de cosméticos, alimentaria, textil y de pulpa y papel.

El objetivo de este trabajo fue el aislamiento y selección de microorganismos marinos productores de surfactantes y la evaluación de la actividad superficial de los mismos, con vistas a considerar sus posibles aplicaciones potenciales en diferentes campos industriales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se ubicaron 30 estaciones de muestreo en el tramo de la costa NW de Cuba,comprendido entre las bahías de Mariel y Cárdenas así como otras 13 en la bahía de Cienfuegos. Se tomaron muestras tanto del agua superficial como de los sedimentos.

Para el aislamiento se utilizó la técnica de enriquecimiento (Finnerty, 1987 y Solanás, 1985) en el medio salino descrito por Vela y Ralston,1978, empleando como fuentes de carbono crudo pesado. Se realizaron tres subcultivos sucesivos cada 5 días, en el mismo medio de cultivo estático y a temperatura ambiente (28±20°C).Se sembraron diluciones de los cultivos en medio No. 6 (Gorvienko,1961) y agar petróleo (Finnerty, 1987) para aislar las bacterias oxidadoras de hidrocarburos. Los cultivos se conservaron en medio No. 6 (Joseph, Capó, Bellota, Ramos, Fuentes Campos, Díaz, Rodríguez y Moreta, en prensa).

Las cepas potencialmente productoras de surfactantes se detectaron por el método de lisis de los glóbulos rojos de carnero (Finnerty y Singer, 1984 y Mulligan, Cooper y Neufeld, 1984) , ya que las zonas de hemólisis alrededor de las colonias puede estar relacionada con la habilidad de los microorganismos de producir surfactantes. Las cepas seleccionadas se cultivaron en un medio salino que contiene 4g de K_2HPO_4, 6g de NaH_2PO_4, 0.2 g de $MgSO_4 . 7H_2O$, 0.01 g de $CaCl_2 . 2H_2O$, 0.01 g de $FeSO_4 . 7H_2O$,0.004 g de Na_2EDTA, 1 g de extracto de levadura, 5.67 g de NH_4Cl, para 1 l de medio de cultivo salino, con pH= 7, es suplementado con keroseno al 2% como fuente de carbono, a temperatura de 28-30°C, durante un tiempo de incubación de 5 días con agitación en zaranda.

El caldo de cultivo se centrifugó a 8000 rpm durante 30 min.; el sobrenadante se filtró por papel para separar completamente la capa oleosa y después por filtros de membrana de acetato de celulosa de 0.22 µm de diámetro de poro. Para la recuperación del polímero extracelular, el caldo acuoso libre de células se trató con tres volumenes de acetona fría y se dejó reposar durante la noche a 4°C. El precipitado obtenido se separó por decantación y posteriores lavados con acetona fría. Se secó al vació a temperatura ambiente, terminando de esta forma la recuperación del polímero crudo. Se determinaron las características tensiométricas de los caldos de cultivo fermentados, derivados del crecimiento de los microorganismos sobre keroseno, con vistas a la evaluación de la producción de biosurfactantes.

Las tensiones superficiales e interfaciales se midieron a 25°C por el método del anillo du Nouy, utilizando un tensiómetro CENCO (Duvnjak *et al.*, 1982).

Las clases generales se consideraron por Finnerty y Singer (1984) como un modo válido para reconocer y seleccionar microorganismos capaces de sintetizar productos con actividad superficial.

La concentración micelar crítica (CMC) se determinó gráficamente representando el logaritmo vulgar de las tensiones superficiales como función de las concentraciones del biosurfactante (polímero redisuelto en agua o diluciones sucesivas del caldo).

Gerson y Zajic (1979) reportan que la inflexión de la curva así obtenida corresponde a CMC.

La actividad emulsionante se determinó según Cooper y Goldenberg (1987) y Bosch *et al.* (1988), mezclando volúmenes iguales del medio de cultivo acuoso y keroseno, en un vórtex a alta velocidad por 10 min.

CEPAS	H	TS (mN/m)	TI (mN/m)	CMC (%P/V)	E (%)	RP (g/l)
111	+	45.7	17.2	1.3	40	4.0
91	+	42.7	19.2	4.0	60	3.5
56	+	45.9	14.7	3.5	70	2.5
84	+	38.2	12.6	0.5	65	2.6
36	+	39.0	17.0	1.5	80	4.4
B. subtilis ATCC-6633	+	30.2	10.2	1.0	71	3.0
Control medio de cultivo		59.0	30.0			
Agua destilada		72.0	49.0			

Tabla 2. Evidencias de la producción de surfactantes por las cepas seleccionadas. Abreviaturas: H - hemolisis; TS - tensión superficial; TI- tensión interfacial contra keroseno; CMC - concentración crítica micelar; E- porcentaje de emulsificación; RP- rendimiento del polímero.
Table 2. *Evidence about biosurfactants production by the selected strains. Abreviatures: H- hemolisis; TS surface tension; TI- Interfacial tension against kerosene;CMC - critical micelle concentration; E- Porcentage of emulsification; RP - yield of polymere.*

Cepas	Tensiones superficiales (mN/m)								
	G	H	G+H	PCV	PCJ	PLR	K	O	HEP
84	54.5	46.4	52.2	47.5	46.8	47.7	45.4	45.9	44.9
56	52.1	46.9	50.1	50.4	44.6	36.8	45.9	48.1	45.6
36	53.0	47.2	51.9	46.3	44.4	39.1	44.4	50.9	45.0
C	60.0	61.3	61.5	59.6	55.6	55.2	57.2	55.0	55.0

Tabla 3. Tensiones superficiales en medios de cultivo con diferentes fuentes de carbono. Abreviaturas: G - glucosa; H - hexadecano; G + H - glucosa+ hexadecano; PCV -petróleo crudo Varadero; PCJ - petróleo crudo Jaruco; PLR- petróleo lígero Romashkino; K -keroseno; O - n-octano; HEP - heptano; C- Control.

Table 3. *Surface tensions in culture media with different carbon sources.Abreviatures: G - glucose; H - Hexadecane; G+H - glucose +Hexadecane; PVC- crude oil Varadero; PCJ - crude oil Jaruco; PLR - light oil Romashkino; K- kerosene; O- n-octane ; HEP -heptane; C- Control.*

Transcurrido 24 h de reposo se miden la altura de la capa emulsionada y la altura total. El cociente de ambos valores multiplicado por 100 representa el índice de emulsión (E 24). Se realizaron 3 repeticiones de cada prueba.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se aislaron, purificaron y evaluaron 528 cepas de microorganismos, procedentes de las aguas y sedimentos de la plataforma cubana. Los géneros *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Bacillus*, *Acinetobacter* y *Achromabacter* fueron los más abundantes de acuerdo al estudio taxonómico realizado a dichas bacterias (Joseph *et al.*, en prensa).

Del total de microorganismos degradadores de hidrocarburos aislados se detectaron 180 hemolíticos, con capacidad potencial para producir surfactantes. Los microorganismos se clasificaron en tres grupos de acuerdo con su habilidad para alterar la tensión superficial, siguiendo el criterio de Finnerty y Singer (1984):

- Disminuyen la tensión superficial del medio de cultivo.
- Aumentan la tensión superficial del medio.
- No modifican la tensión superficial del medio de cultivo.

El número de microorganismos con estas características fue de 80, 70 y 30, respectivamente.

Del total de bacterias, pertenecientes a las 3 clases generales, 67 presentan la capacidad de formar emulsiones estables (durante 24 h) con el keroseno durante la fermentación. Según Zajic *et al.* (1976) y Gutnick y Rosenberg (1977), el crecimiento de los microorganismos sobre hidrocarburos se acompaña frecuentemente de la emulsificación de la fuente de carbono insoluble en el medio de cultivo. En la mayoría de los casos esto se atribuye a la producción de agentes extracelulares emulsificantes durante la fermentación de los hidrocarburos.

Goma, Pareilleux y Durand (1973); Roy , Bhagat y Baruah (1979); Rambeloarisoa *et al.* (1984); Mattei y Bertrand (1985) aislaron cepas puras y asociaciones mi-

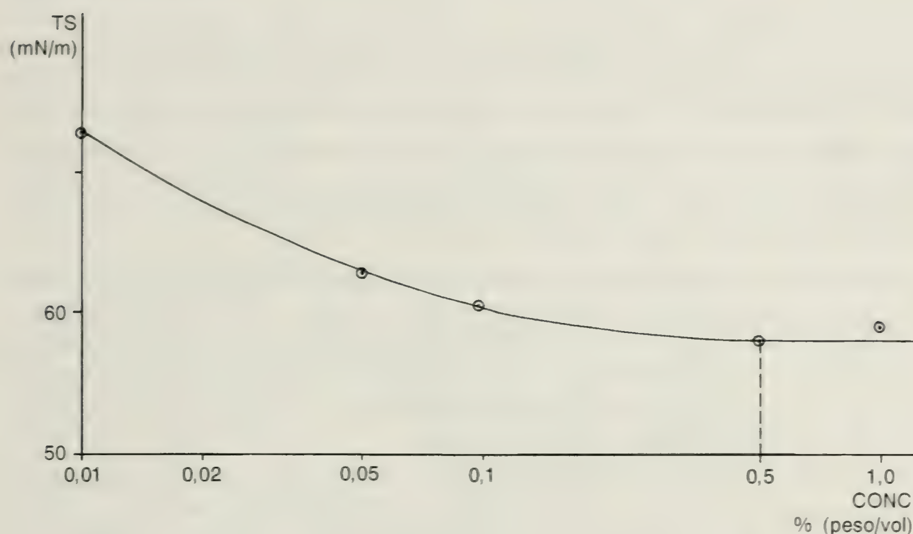


Fig 1. Producción del polímero de la cepa marina productora de biotensioactivo IDO -84.
Fig 1. *Production of the polymere by the biosurfactant producing marine strain IDO -84.*

crobianas capaces de producir compuestos que emulsionan el petróleo crudo cuando crecen sobre él. Lo hallado por Rosenberg *et al.* (1979), quienes describieron un surfactante producido por una cepa pura de *Arthobacter* (RAG-1) capaz de emulsionar varios tipos de hidrocarburos confirma este resultado.

Al observar una reducción significativa de las tensiones superficiales en el medio de cultivo fermentado con respecto al control , se confirmó la producción extracelular de biosurfactante en 13 de las cepas (Tabla 1).

Bosch *et al.* (1988) observó disminución de las tensiones superficiales desde 30 mN/m hasta 55 mN/m en diferentes cepas aisladas del suelo y agua sobre diferentes hidrocarburos. También Cooper *et al.* (1981) utilizaron cepas de *Pseudomonas* y *Mycobacterium* obtuvo reducciones de 33 mN/m hasta 53 mN/m comparándola con el control 65 mN/m.

Las cepas donde se obtuvieron los menores valores de tensión superficial se ensayaron para la producción del polímero, utilizando keroseno como única fuente de carbono en el medio de fermentación.

En la Tabla 2 se observan algunas propiedades superficiales de la cepas seleccionadas y de la cepa tipo *Bacillus subtilis* ATCC-6633, con respecto a las tensiones superficiales, interfaciales, concentración micelar crítica (CMC) y poder emulsificante.bajo las mismas condiciones de cultivo. Otros autores (Cooper *et al* ., 1981, 1982; Duvnjak y Kosaric, 1985) registran valores similares en bacterias de los géneros *Corynebacterium*, *Pseudomonas* y *Mycobacterium*.

Los valores de las CMC varían en el intervalo de 0.5-4 % P/V en los polímeros producidos por las diferentes cepas marinas. La cepa 84 N produjo un valor de CMC de 0.5 % P/V siendo el valor menor alcanzado entre los diferentes polímeros , incluyendo el producido por la cepa tipo *Bacillus subtilis* ATCC 6633 estudiada (1%P/V). En la fig 1 se muestra la curvas típica de la tensión superficial como función del polímero. La CMC de otra cepa tipo de *Bacillus subtilis* ATCC 21332, productora también de Surfactin, fue un valor muy bajo de 0.25 % y 1.6 % de acuerdo a que el sustrato utilizado fuera glucosa e hidrolizado de turba, siendo de 1 % cuando utiliza hidrocarburos (COOPER *ET AL.*, 1981 y SHEPPARD Y MULLIGAN, 1987).

Las bacterias marinas estudiadas disminuyen la tensión superficial cuando se cultivan en varios medios líquidos en diferentes fuentes de carbono. En la Tabla 3 se aprecia el comportamiento de 3 cepas marinas en diferentes fuentes de carbono. Estos organismos crecen bien sobre una amplia variedad de hidrocarburos y glucosa, siendo los mejores sustratos para la disminución de la tensión superficial los hidrocarburos lineales y el petróleo crudo, no comportándose así con la glucosa.

GERSON Y ZAJIC (1979) y DUVNJAK Y KOSARIC (1985) plantean que *Corynebacterium* lepus produce gran cantidad de surfactante extracelular sobre hidrocarburos, sin embargo que cuando la bacteria crece sobre glucosa como única fuente de carbono, el surfactante es intracelular, liberándose sólo si se le añade hexadecano u otro alcano después de crecer en glucosa.

ZAJIC, GUIG Y GERSON (1977) y RONTANI Y GUISTI (1986), manifiestan que existe influencia del sustrato en la composición de los biosurfactantes, especialmente en el caso de los microorganismos marinos.

El rendimiento de los polímeros fue de 2-5 g/l. El rendimiento de la 84 N fue menor (2.6 g/l) comparado con la cepa 36 y 111 (4.4 y 4 g/l) respectivamente; pero analizando la CMC podemos observar que el valor menor y por supuesto mejor es el de la cepa 84N (0.5 % P/V); aun comparándola con la cepa tipo de *Bacillus subtilis* ATCC 6633. ZAJIC *ET AL.* (1977); REDDY, SING, PATHAK, BHAGAT Y BANUAH (1983) y COOPER *ET AL.* (1987) registran producciones similares para diferentes microorganismos.

CONCLUSIONES

De los microorganismos degradadores de hidrocarburos se detectaron 180 hemolíticos con capacidad potencial para producir surfactantes. Se confirmó, en 13 de ellos, la producción extracelular de biotensioactivos al observarse una reducción significativa de la tensión superficial con respecto al control.

La reducción de las tensiones superficiales e interfaciales (hasta 30 y 10 mN/m, respectivamente) y los valores de la concentración micelar crítica (0.5-4 % P/V), indican la producción de biosurfactantes con alta actividad superficial.

El polímero de la cepa 84N produce una CMC de 0.5% (P/V) siendo el valor menor y mejor alcanzado entre los biopolímeros estudiados.

La recuperación del polímero de las cepas seleccionadas fue de 2-5 g/l.

BIBLIOGRAFÍA

ABBOT, B. J. Y GLEDHILL, W. E. 1971. The extracellular acumulation of metabolic products by hydrocarbon degrading microorganisms. *Adv. Appl. Microbiol.*, 14: 249-388.

ARIMA, K., KAKINUMA, A. Y TAMURA, A. 1968. Surfactin, a crystalline peptide lipid surfactant produced by *Bacillus subtilis*: isolation, characterization and its inhibition of fibrin clot formation. *Biochem. Biophys . Res. Commun.*, 31: 488-494.

ATLAS, R.M. 1981. Microbial degradation of petroleum hydrocarbons; an environmental perspective. *Microbial Rev .*, 145 (1): 120-209.

BOSCH, M. P., ROBERT, M., MERCADÉ, M.E., ESPUNY, M.J., PARRA, J.L. Y GUINEA, J. 1988. Surface active compounds on microbial cultures. *Tenside Surfactants Detergents*, 25(4): 208-211.

COOPER, D.G., ZAJIC, J.E. Y GERSON, D.F. 1979. Production of surface active lipids by *Corynebacterium lepus. Appl. Environ. Microbiol.*, 37(1): 4-10.

COOPER, D.G. Y ZAJIC, J.E. 1980. Surface active compounds from microorganisms. *Advances in Applied Microbiology*, 26:229-253.

COOPER, D.G., LISS, S.N., LONGAY, R. Y ZAJIC, J.E. 1981. Surface activity of *Mycobacterium* and *Pseudomonas*. *J. Ferment. Technol .*, 59(2) :97-101.

COOPER, D.G. AKIT, J. Y KOSARIC, N. 1982. Surface activity of *Corynebacterium fascians* CF15. *J. Ferment Technol*, 60 (1):19-24.

COOPER, D.G. Y GOLDENBERG, B.G. 1987. Surface - active agents from two *Bacillus* species. *Appl. Environ. Microbiol.*, 53(2) : 224-229.

DUVNJAK, Z., COOPER, D.G. Y KOSARIC, N. 1982. Production of surfactants by *Artrobacter parafineus* ATCC 19558. *Biotech Bioeng.*, 24: 165-175.

DUVNJAK, Z. Y KOSARIC, N. 1985 . Production and release of surfactants by *Corynebacterium lepus* in hydrocarbon and glucose. *Biotechnology Letters*, 7 (11): 793-796.

FINNERTY, W.R. Y SINGER, M. E .1984. A microbial biosurfactant.Physiology and Applications Develop. *Ind. Microbiol.*, 25: 31-40.

FINNERTY, W.R. 1987. *Application of microbial processes to viscosity reduction of heavy crudes oil.* Final Report. Fossil Energy. Bartlesville Proyect Office. U.S. Department of Energy Bartlesville, Oklahoma, 23 pp.

GERSON, D.F. Y ZAJIC, J.E.1979. Microbial Biosurfactants. *Process Biochem .*, 14: 20-29.

GOMA, G., PAREILLEUX, A. Y DURAND, G. 1973. Specific hydrocarbon solubilization during growth of *Candida lipolytica. J. Ferment. Technol., Osaka*, 57: 616-618.

GORVIENKO, Y.A.1961. Sobre las ventajas cualitativas del agar nutriente en medios de cultivos para microorganismos heterótrofos. *Mikrobiol.*, 30(1): 168-172.

GUERRA-SANTOS, L., KAPPELI, O. Y FIECHTER, A. 1984. *Pseudomonasaeruginosa* biosurfactant production in continuous culture with glucose as carbon source. *Appl. Environ. Microbiol.*, 48(2): 301-305.

GUTNICK, D. L. Y ROSENBERG, E. 1977. Oil tankers y pollution: a microbiological approach. *Annu. Rev. Microbiol.*, 31: 379-396.

GUTNICK, D. L. 1984. Biosurfactants and the oil industry. *Biotech*, 84: 645-655.

JOSEPH, I.N., CAPÓ, M.C., BELLOTA, M., RAMOS, I., FUENTES, M., CAMPOS, P., DÍAZ, L., RODRÍGUEZ, F. Y MORETA, N. (en preparación). Aislamiento y selección de microorganismos degradadores de hidrocarburos en la plataforma cubana.

LIZ, Y., LANG, S., WAGNER, F., WITTE, L. Y WRAY, V. 1984. Formation and identification of interfacial active glycolipids from resting microbial cells. *Appl. Environ. Microbiol.*, 48 :610-617.

MATTEI, G. Y BERTRAND, J. C. 1985. Production of biosurfactants by a mixed bacteria population grown in continuous culture on crude oil. *Biotechnology Letters*, 7 (4): 217-222.

MULLIGAN, C. N., COOPER, D.G. Y NEUFELD, R.J. 1984. Selection of microbes producing biosurfactants in media without hydrocarbons. *J. Fermentation Technol.*, 62: 311-314.

RAMBELOARISOA, E., RONTANI, J. F., GIUSTI, G., DUVNJAK, Z. Y BERTRAND, J. C. 1984. Degradation of crude oil by mixed culture of bacteria isolated from foams. *Mar. Biol.*, 83: 69-81.

REDDY, P. G., SING, H. D., PATHAK, M.G., BHAGAT, S.D. Y BANUAH, J. N. 1983. Isolation and functional characterization of hydrocarbon emulsifying and solubilizing factors produced by a *Pseudomonas* species. *Biotech. and Bioeng.*, 25: 387-401.

ROSENBERG, E., PERRY A., GIBSON, D.T. Y GUTNICK, D.L. 1979. Emulsifier of *Arthobacter* RAG-1. Specificity of hydrocarbon substrate. *Appl. Environ. Microbiol.*, 37: 409-413.

ROSENBERG, E. 1986. Microbial Surfactants. *Crit. Rev. Microbiol.*, 3:109-132.

RONTANI, J. F. Y GUISTI, G. 1986. Study of the substrate influence on the free fatty acids production during growths of marine bacteria on different hydrocarbons.*Toxicological and Environmental Chemistry*, 12: 61-75.

ROY, P.K., BHAGAT, S.D. Y BARUAH, J. N. 1979 . Characterization of hydrocarbon emulsification and solubilization ocurring during the growth of *Endomycopsis lipolytica* on hydrocarbons. *Biotechnol. Bioeng.*, 21: 955-974.

SHEPPARD, J.D. Y MULLIGAN, C.N. 1987. The production of surfactin by *Bacillus subtilis* grown on peat hydrolysate. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 27: 110-116.

SINGER, M.E. Y FINNERTY, W.R. 1983. Microbial metabolism of straight chain and branches alkanes. En: *Petroleum Microbiology*. (R. Atlas, ed.) Mac Millan Publishing Co., New York, 50 pp.
SHIARIS, M.P. Y COONEY, J.J. 1983. Replica plating method for estimating phenanthrene - utilizing and phenanthrene - cometabolizing microorganisms. *Appl. Environ. Microbiol.*, 45 (2): 706-710.
SOLANÁS, A.M. 1985. Biodegradación microbiana en la contaminación por hidrocarburos. *Mundo Científico*, 1(8): 913-920.
SUZUKI T., TANAKA, K., MATSUHARA, I. Y KINOSHITA, S. 1969. Trehalose lipids and-branched-ß hydroxyfatty acid-formed by bacteria grown on n alkane. *Agric. Biol. Chem.*, 33: 1619-1621.
VAN UDEN, N. Y FELL, J.W. 1968. Marine Yeast. En *Advances in microbiology of the sea*. (M.R Droap y E, J.Ferguson Wood, ed.), 1:167-201.
VELA, G. R. Y RALSTON J. R. 1978. The effect of temperature on phenol degradation in waste water. *Can.J. Microb.*, 24(11): 366-370.
ZAJIC, J. E. Y PANCHAL C. J. 1976. Bio-emulsifiers CRC. *Crit. Rev. Microbiol.*, 5: 39-66.
ZAJIC, J. E. Y KNETTIG, E. 1971. Flocculants fromparaffinic hydrocarbons. *Dev. Ind. Microbiol.*, 12: 87-98.
ZAJIC, J. E. Y GERSON, D.F. 1978. Microbial extraction of bitumen from Athabasca oil sand. En *Oil Sands and Oil Shales*. (O.Strausz, ed.), Verlag Chemie. New York, 20 pp.
ZAJIC, J. E., GUIG, H. Y GERSON, D.F. 1977. Emulsifying and surface active agents from *Corynebacterium hydrocarboclastus*. *Biotechnol.Bioeng.*, 19: 1285-1301.
ZAJIC, J. E. Y SEFFENS, W. 1984. Biosurfactants. *CRC Crit. Rev. Biotechnol.*, 1: 87-107.
ZO BELL, C. E. 1973. The microbiological degradation of oil pollutans. En: *Lus- SG.730*1. (Ahearn y Meyers, ed.). Louissiane. State University.

Avicennia, 1993, 0: 43- 59

Dinámica, estacionalidad, y efectos de la epifauna colonizadora sobre el cultivo de la agarófita *Bryothamnion triquetrum* (Gmelin) Howe.

Dynamics, seasonal variations and potential hazards of epibiosis associated to the agarophyte Bryothamnion triquetrum *(Gmelin) Howe during in situ culture.*

A. J. Areces y J. C. Martínez-Iglesias

Instituto de Oceanología, Academia de Ciencias de Cuba. Ave. 1ª, nº 18406, entre184 y 186, Municipio Playa, Ciudad de La Habana, Cuba.

Resumen

Se presentan los resultados sobre dinámica, distribución por grupos y variaciones estacionales extremas de la fauna asociada a la agarófita *B. triquetrum*, durante 60 dias de cultivo. Los crustáceos constituyeron más del 90 % de los integrantes de esta epibiosis, representados mayormente por anfípodos y tanaidáceos. Durante el verano se observó un incremento notable en la densidad de moluscos y decápo dos. Resultó significativo el predominio de los copépodos en los estadíos iniciales de la sucesión que experimenta dicha comunidad. Tanto anfípodos como moluscos ascoglosos constituyeron factores de riesgo para el cultivo, y, los primeros en particular, fueron capaces de devastar irreversiblemente las plantas cultivadas cuando rebasaron cinco individuos por g de biomasa fresca.

Abstract

Results concerning taxonomical attributes, successional dynamics and seasonal characteristics of mesofaunal assemblages associated to the agarophyte *B. triquetrum* through sixty days of in situ culture are discussed. Crustaceans, mostly represented by amphipods and tanaidaceans, reached more than 90 % of the observed organisms. Copepods were significative in early stage of the succession. Molluscs and decapods density increases during summer. Amphipods and ascoglossan molluscs were risk factors in the mariculture of this agarophyte. The former ones, in winter, can destroy plants when they reach more than five individuals per g of fresh biomass.

Palabras clave: epibiosis, mesoherbívoros, agarófita, variaciones estacionales, cultivo.

Key words: epibiota, mesoherbivores, agarophyte, seasonal variations, mariculture

INTRODUCCIÓN

Los factores bióticos revisten especial importancia en el control de la cobertura y la distribución espacial de los vegetales marinos. En arrecifes coralinos los fitófagos pueden consumir desde un 60 hasta el 97 % de toda la producción derivada de la comunidad algal (Hatcher y Larkum, 1983; Carpenter, 1986), y aún en la cenoclina litoral, sometida a

un conjunto de tensores ambientales cuyo impacto físico es quizás el más intenso del medio acuático, la persistencia de la flora responde tanto a su inaccesibilidad como al grado de tolerancia manifestado ante un intenso ramoneo (CUBIT, 1984).

La epibiosis algal puede llegar a poseer los atributos propios de una verdadera comunidad, estructurada a partir de un conjunto de hábitats con niveles escalonados de subordinación (KATO, NAKAMURA, HIRAI Y KAKINUMA, 1961; AOKI Y KIKUCHI, 1990). Experimenta asimismo variaciones típicamente estacionales (ARECES, DEL VALLE, IBARZÁBAL, POL Y HERNÁNDEZ, 1992), es influida por la actividad metabólica del tejido vegetal (SIEBURTH Y CONOVER, 1965; RYLAND, 1974; MIRAVET, LUGIOYO Y ARECES, 1983) y adquiere importancia biogeográfica cuando en el seno de corrientes oceánicas constituye una via de difusión de las especies que la integran (OLIVEIRA, UGADIM Y DE PAULA, 1979).

Los efectos de la fauna sobre la biomasa propagada mediante maricultivo pueden ser múltiples, ocasionando en algunas circunstancias incrementos de la tasa de crecimiento del vegetal (CANCINO, MUÑOZ Y ORELLANA, 1987) y, en otras, la devastación de la planta (SHACKLOCK Y CROFt, 1981; KATAYAMA, 1982).

En Cuba, el estudio de la fauna asociada a macroalgas bentónicas ha sido llevado a cabo por LALANA (1984), LALANA, CAPETILLO, BRITO, DÍAZ Y CRUZ (1989) y ARECES *ET AL.*, (1992). No obstante, la caracterización de esta comunidad y su dinámica estacional en algas cultivadas, objeto del presente trabajo, no había sido abordada con anterioridad en el país.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sin otro propósito que el de establecer la evolución de los grupos dominantes en el transcurso del cultivo y describir el efecto de las variaciones climáticas extremas sobre sus proporciones relativas, resultó innecesario identificar los organismos colectados mas allá del nivel de Orden. La clasificación de la fauna solo en categorías taxonómicas mayores (EGLOFF Y BRAKEL, 1973; PIELOU, 1975) o en subconjuntos a partir de atributos como la forma, el tamaño y el color (CAIRNS Y KENNETH, 1971), permite soslayar la especialización sistemática y facilita la rápida segregación de la muestra en grupos y clases para con ellos calcular diversos bioíndices (PATIL Y TAILLIE, 1976; KEEFE Y BERGERSEN, 1977) o bien evaluar directamente las trasformaciones experimentadas por la comunidad.

Acorde a este objetivo, el cultivo se ciñó a los dos períodos climáticos más significativos del año: invierno y verano, en los cuales transcurrió por espacio de sesenta días; desde el 26 de diciembre de 1985 hasta el 24 de febrero de 1986 y a partir del 20 de junio al 19 de agosto de 1986.

El material utilizado en los dos ensayos fue colectado manualmente, pocas horas antes de ser efectuada la siembra, a poca distancia de una rada pequeña situada aproximadamente 1 km al W de la desembocadura del río Quibú, en el litoral de la ciudad de La Habana (Fig. 1).

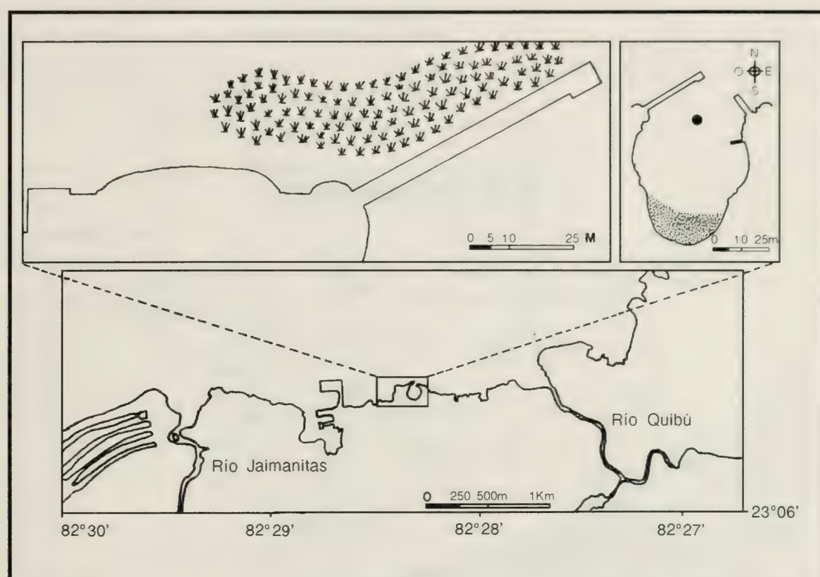


Fig. 1. Zona Experimental y área de ubicación del banco de *B. triquetrum*. El circulo sombreado muestra el lugar de colocación de la estructura de soporte.
Fig. 1. *Experimental zone and settlement of* B. triquetrum *bed. The black circle indicates the ubication of the supporting structure.*

Ya en el laboratorio, las plantas se escardaron, se seccionaron en pedazos de 25 y 50 g y se lavaron profusamente en agua de mar percolada a través de un filtro de grava y arena. Cada ejemplar se colocó en el interior de una bolsa de malla de polipropileno de 6 cm de luz, confeccionada con un paño cuadrangular de 33 cm de lado.

Treinta bolsas con ejemplares de cada peso se amarraron a intervalos de 30 cm en cuerdas de polipropileno de 8 mm de grueso. Los dos trenes así constituidos, uno con ejemplares de 50 g y el otro de 25 g, se suspendieron en la columna de agua, a no más de 0,50- 0,75 m de la superficie y 3,0 m del fondo. Su sustentación se efectuó mediante una estructura flexible colocada en el interior de la rada, a cuyos cabos laterales de unión se amarraron los extremos de ambos trenes (Fig. 2).

Las cinco bolsas que ocupaban las posiciones terminales en los dos trenes, se extraían sin reemplazamiento a intervalos de diez días con el fin de determinar el crecimiento de las algas y evaluar el proceso de colonización. Para este propósito cada bolsa, después de introducirse sin brusquedad en un sobre de polietileno, se seccionaba de la cuerda guía y se transportaba al laboratorio. Una vez en él, su contenido era preservado de inmediato mediante la adición de formalina al 10 % neutralizada con tetraborato de sodio.

Cuando iba a ser procesado, el sobre se vertía sobre un tamiz de 0,25 mm, enjuagándose en agua corriente al efecto de desprender los organismos. La identificación y separación de los mismos se efectuó a partir de pequeñas alícuotas vertidas en una cámara Bogoroff.

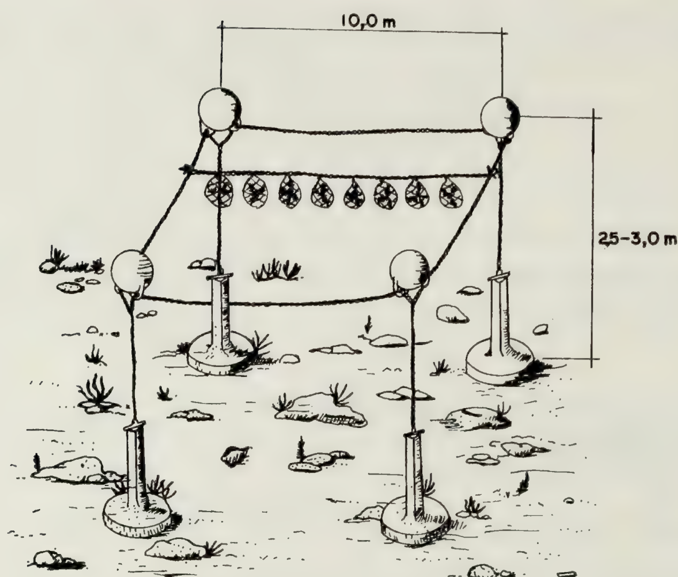


Fig. 2. Estructura de sustentación y disposición de las cuerdas con el material cultivado.
Fig. 2. *Supporting structure and rope arrangement with cultivated material.*

Los organismos, desecados previamente a 100°C por espacio de 24 horas en una estufa con circulación forzada de aire, fueron pesados en una balanza analítica con precisión de 0,1 mg. Para evaluar la equitatividad comunitaria se diseñó un índice de asimetría, expuesto mediante la formulación:

$$I.A= [\Sigma(Ni/Nt - 1/k)^2]^{1/2}$$

donde Nt es el número total de organismos, Ni el número de organismos en la categoría iésima y k el número de categorías (i=1…n). El índice oscila entre 0, cuando la distribución es equitativa y 1, con la máxima asimetría.

La variabilidad relativa del número de individuos por muestra se obtuvo mediante el coeficiente de variación (V), corregido para sesgo (SOKAL Y ROHL, 1981): V= 100(1+ 1/4n) s/X, donde X corresponde a la media muestreal, n equivale al tamaño de la muestra y s es su desviación estándar.

Para el cálculo del crecimiento diario (C. D.) de las plantas cultivadas se empleó la expresión:

$$C.D.= 100 [\log e (Pf/Pi)] t^{-1}$$

donde Pf= peso final y Pi= peso inicial (HASTINGS Y GUTKNECHT, 1976).

El contraste estadístico de las diferencias de densidad, biomasa y asimetría, se efectuó mediante la prueba U de Mann-Whitney (Siegel, 1970). La regresión lineal entre el crecimiento de la planta y su densidad en anfípodos se llevó a cabo con el sistema gráfico estadístico para microprocesador STATGRAFICS.

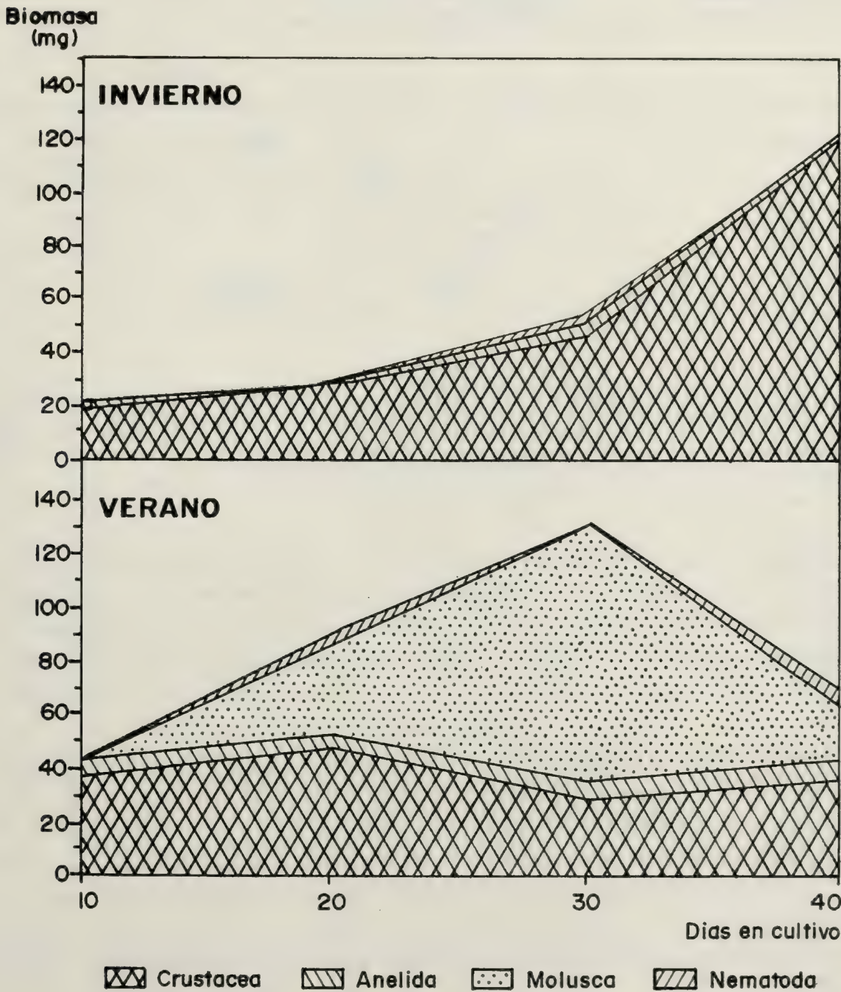


Fig. 3. Distribución por categorías taxonómicas mayores de la biomasa (p.s.) de los organismos asociados a *B. triquetrum* y su marcha durante la etapa de mayor rendimiento del cultivo. (Valores referidos a ejemplares con 50 g de peso inicial).

Fig. 3. *Biomass (d.w.) distribution, according to taxonomical categories of organisms associated to* B. triquetrum,*and its evolution during the most productive stage of the culture. (Values refered to individuals with 50 g).*

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El desarrollo del proceso de colonización en estaciones climáticas contrapuestas originó un patrón de sucesión y abundancia diferente (Fig.3). En invierno los crustáceos predominan e incrementan paulatinamente su biomasa durante los cuarenta días iniciales del cultivo, período donde éste alcanza su mayor rendimiento (Areces, 1987). En el verano sin embargo, la irrupción masiva de opistobranquios constituyó el evento más sobresaliente de la sucesión experimentada por dicha comunidad.

CATEGORIA	PERIODO	
	VERANO	INVIERNO
NEMERTINEA		
NEMATODA	•	•
ANNELIDA		
Polychaeta	•	•
Oligochaeta		
MOLLUSCA		
Bivalvia	•	
Gastropoda	•	•
Nudibranchia	•	•
Polyplacophora*		•
ARTHROPODA		
Pycnogonida		
Crustacea		
Nebaliacea*		•
Ostracoda	•	•
Copepoda	•	•
Stomatopoda	•	
Cumacea	•	•
Tanaidacea	•	•
Isopoda	•	•
Amphipoda	•	•
Brachyura	•	•
Anomura		
Penaeidea	•	•
Caridea	•	•
SIPUNCULIDA		
ECHINODERMATA		
Echinoidea	•	•
Ophiuroidea	•	•
Holothuroidea	•	•
CHORDATA		
Ascidiacea	•	•
Peces (Osteichthyes)	•	

* No incluido por Herrera y Maurisset (1980) en la relación de categorias taxonómicas encontradas en ambos tipos de substrato artificial.

Tabla 1. Composición de la epifauna asociada a *Bryothamnion triquetrum* en relación al total de taxones hallados por Herrera y Mauririsset (1980) en colectores de madera o barro colocados en el mismo sitio, después de un proceso de colonización de 60 y 81 días respectivamente.
Table 1. *Composition of epifauna associated to* Bryothamnion triquetrum *in relation to total taxa found by* Herrera and Maurisset (1980) *in wood or clay collectors settled in the same place after a colonization process of 60 and 81 days respectively.*

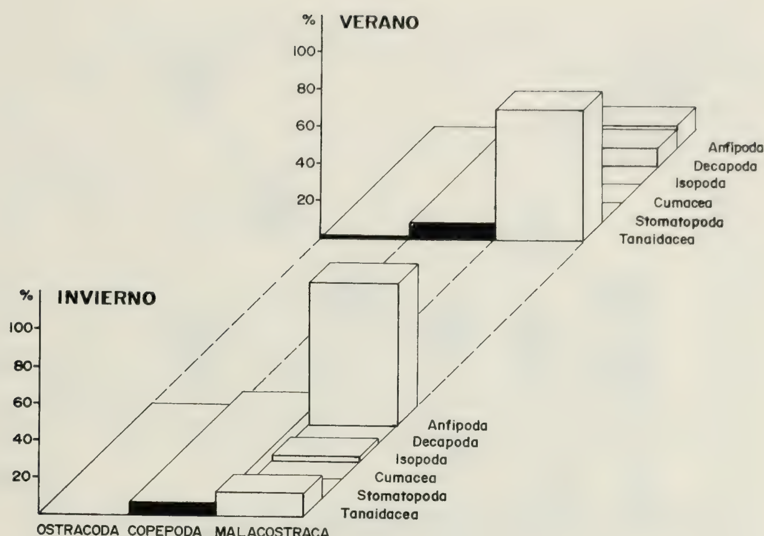


Fig. 4. Distribución porcentual con respecto al número total de epibiontes de las clases Ostracoda, Copepoda y de los ordenes que integran la clase Malacostraca. Muestras con 50 g de peso inicial.
Fig. 4. *Percentage of individuals belonging to classes Ostracoda and Copepoda as well as to the orders integrating the class Malacostraca. Samples with 50 g of initial weight.*

El comportamiento estacional de la biomasa coincide, en líneas generales, con lo observado por algunos autores en la plataforma insular cubana. Ibarzábal (1982) halló que tanto por la densidad como por la biomasa de la infauna mesobentónica, el verano constituye la época mas productiva en la región NW de la plataforma, a semejanza de lo referido por Gómez, Ibarzábal y Silva (1980) y Alcolado, Jiménez, Martínez-Estalella, Ibarzábal, Martínez-Iglesias, Corvea, Abreu y López-Cánovas, (1990) en su zona SW. Jiménez e Ibarzábal (1982) también observaron entre los meses de febrero y junio sustanciales variaciones de la biomasa de foraminíferos, moluscos y decápodos en tres macrolagunas de la región NE de la plataforma. González-Pelegrín (1984) por otra parte, encontró en dos biotopos cercanos al área de cultivo valores de la biomasa mesobentónica superiores en agosto en comparación con febrero. Esta regularidad fué asimismo corroborada por Herrera (1983), el cual consignó en zonas costeras abiertas un abrupto incremento de la densidad total de la mesofauna desde abril hasta septiembre.

Si bien en relación al período invernal la biomasa colectada durante el verano fué superior a lo largo de casi todo el proceso de colonización (U_{α}=0.01), no ocurrió así con la densidad. La cantidad de organismos asociados a este sustrato siempre fué más elevada en el invierno, tanto en los ejemplares de *B. triquetrum* de mayor tamaño (U_{α}=0.01) como en los más pequeños (U_{α}=0.01). La variación anual de esta epibiosis algal en cuanto a biomasa y densidad adquiere pues una naturaleza particular. Sin una subordinación evidente

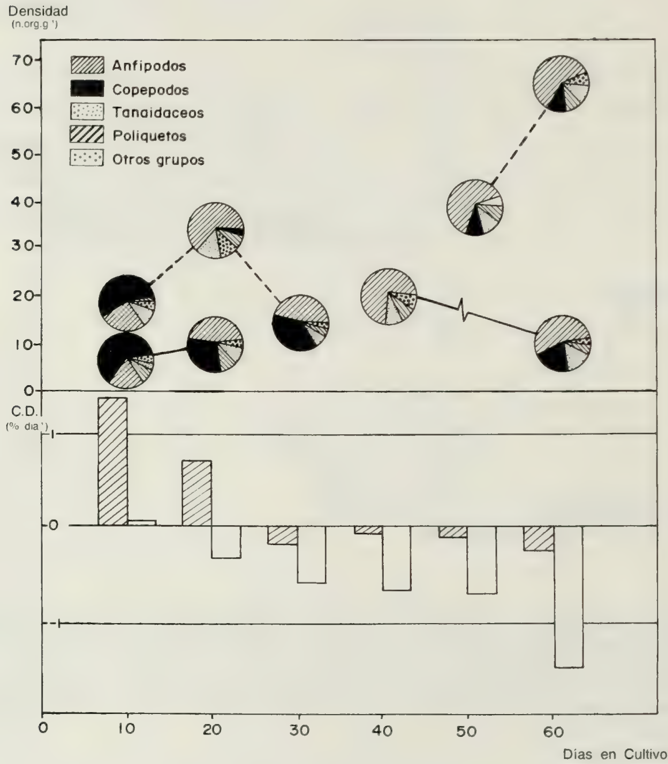


Fig. 5. Densidad total de organismos y marcha de la proporción de los principales grupos que integraron la epibiosis en relación con el crecimiento diario (C.D.) del vegetal durante su cultivo en la etapa invernal (— y ▨, para ejemplares de 50 g de peso inicial; - - - y □ para ejemplares de 25g).
Fig. 5. *Total density of organisms in the epibiota and evolution of the proportions of its principal groups according to daily growth (C.D.) of the cultivated plant during winter. (— and ▨ for individuals with 50 g of intial weight; - - - and □ for those with 25 g).*

entre si, ambos factores son regidos no solo por el cambio estacional en el aporte de los moluscos y decápodos a su balance total; la etapa de la sucesión en la cual se halla la comunidad y el estado funcional de la planta que le sirve de sustrato influyen en su composición y determinan la magnitud de estas variables.

Aún así, apenas hay diferencias en la composición global de los taxa que la integran y, de los 21 grupos encontrados en ella, solo cuatro dejaron de colectarse en los dos períodos climáticos (Tabla 1). Excluyendo a nebaliáceos y poliplacóforos, todos ellos aparecen además en muestreadores suspendidos con sustrato artificial conformado por cestas llenas de bolas de barro o multiplacas de madera (Herrera y Maurisset, 1980).

No fueron encontrados ni foraminíferos, comunes en asociaciones fitófilas del mesolitoral rocoso (Areces, *et al.*, en prensa), ni nemertíneos, oligoquetos o sipuncúlidos. Tampoco se registraron anomuros. Arácnidos pertenecientes a los ordenes Pycnogonida

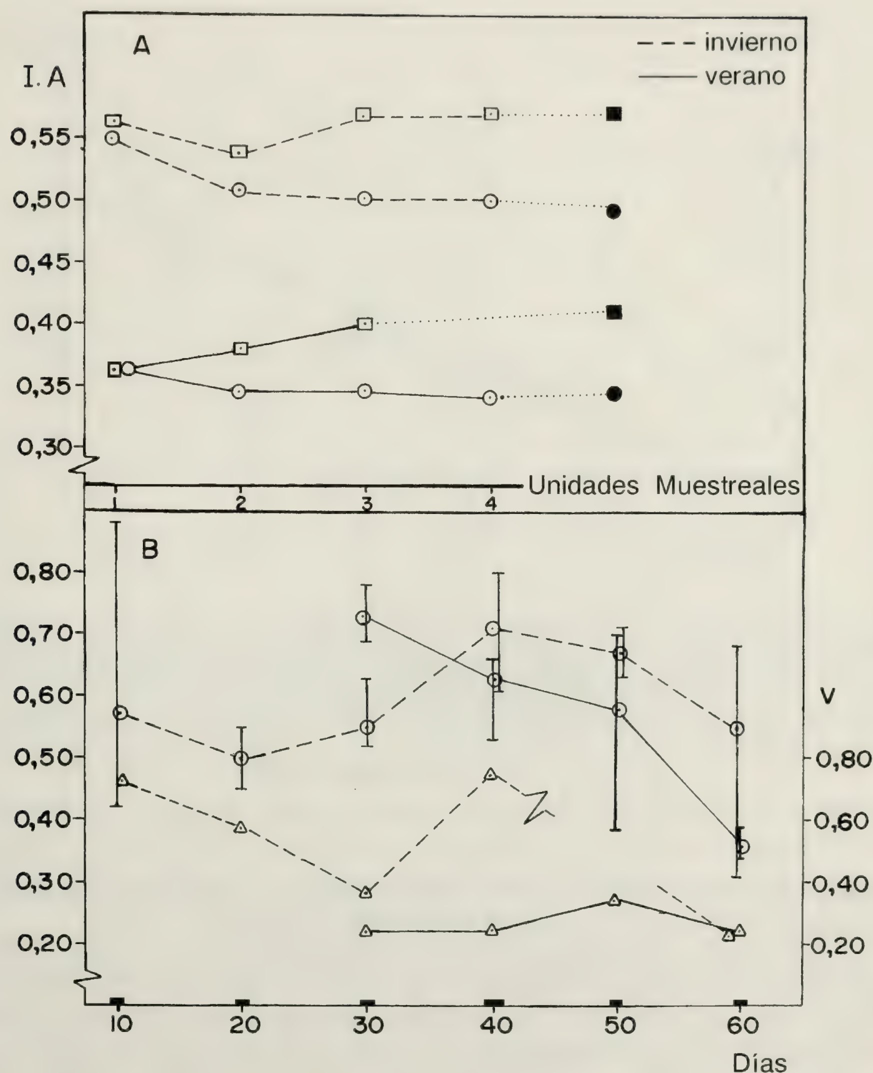


Fig. 6 A. Valores medio del índice de asimetría (I.A) asociados a todas las recombinaciones acumulativas posibles, con respecto a la suma total de unidades muestreales. (- - - invierno, — verano; □ peso inicial de 25 g, ○ con peso inicial de 50 g) B. Comportamiento del valor medio del I.A y del cociente de variabilidad de la abundancia (V) durante el cultivo. Muestras con 5O g de peso inicial (Cotas verticales referidas a valores extremo; ○, I.A; △,V).

Fig. 6A. *Mean values of the asymmetry index (I.A) associated to all possible accumulative recombinations with respect to total amount of sampling units. (- - - winter, — summer; □ initial weight of 25 g, ○ initial weight of 50 g). B. Behavior of the asymmetry index mean value and of the coefficient of variation of the abundance (V) during the culture. Samples with 50 g of initial weight (Vertical bars refered to extreme values: ○, I.A; △,V).*

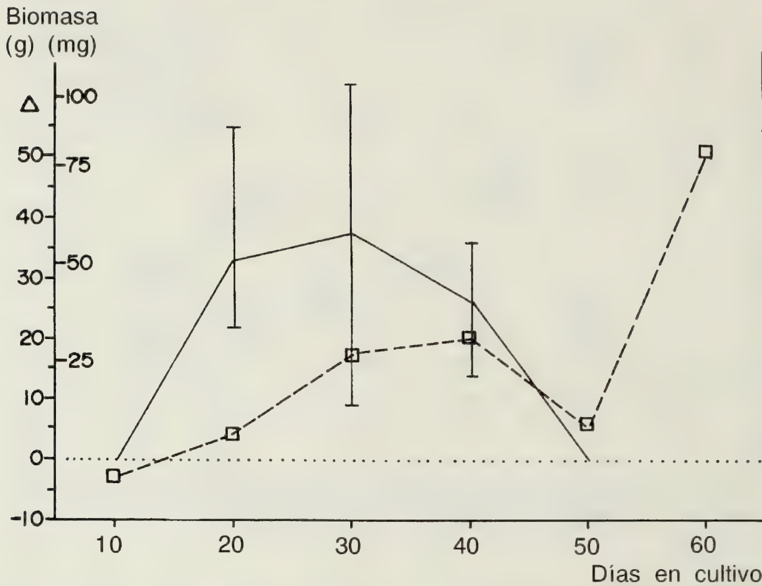


Fig. 7. Evolución de la biomasa media (p.s.) de opistobranquios en relación con el incremento promedio en peso (p.h) de los ejemplares cultivados de B. triquetrum. Verano. Especímenes de 50 g. (Cotas verticales correspondientes a valores extremos).
Fig. 7. *Evolution of opistobranchia mean biomass (w.w.) in relation with mean increment in weight (w.w.) of cultivated B. triquetrum plants. Summer. Individuals with 50 g of initial weight. (Vertical bars refered to extreme values).*

y Acarina, presente este último en la fauna asociada al quitón *Acanthopleura granulata* (VALLE Y FERNANDEZ DE ALAIZA, 1986) también estuvieron ausentes.

A tono con otras observaciones sobre la composición de la fauna asociada al fitobentos (ORTIZ Y SUÁREZ, 1983; LALANA, 1984, LALANA, DÍAZ, BRITO, KODJO Y CRUZ, 1987; LALANA *ET AL.*, 1989), los crustáceos también predominan por su abundancia. En verano, más del 92.3 % y en invierno el 91.0 % del total de organismos colectados, lo integraron crustáceos provenientes en su gran mayoría de la clase Malacostraca. El porcentaje de poliquetos resultó muy inferior y osciló solo entre un 8.2 % en invierno y el 5.7 % durante el verano. Ninguno de los tres grandes grupos restantes; moluscos, nemátodos y equinodermos rebasó siquiera el 1% .

La constancia registrada en la cifra total de crustáceos no refleja obviamente las marcadas variaciones, -en apariencia de corte estacional, que los mismos experimentan (Fig. 4). Los anfípodos, que constituyeron el 75.8 % de todos los organismos cuantificados en los meses invernales, disminuyen hasta el 11.5 % durante el verano en oposición a los tanaidáceos, predominantes en dicho período (69,4 %) y poco representados durante el invierno (12.8 %).

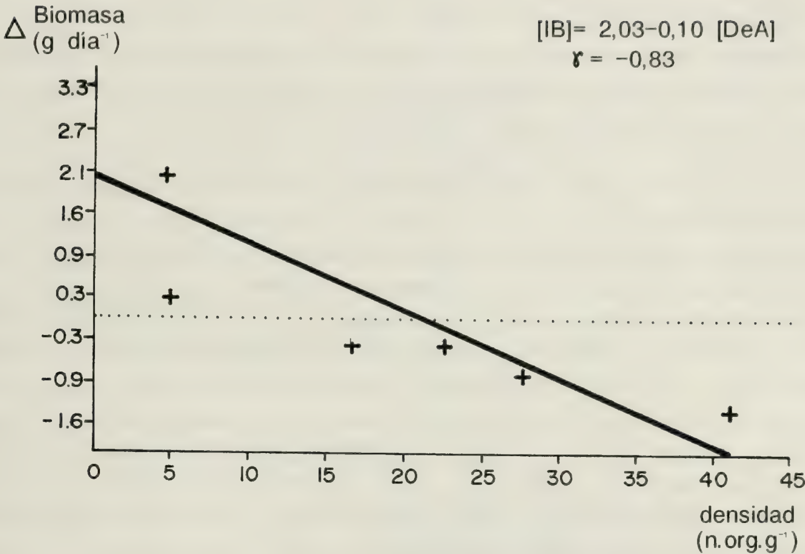


Fig. 8. Regresión lineal entre el incremento neto de biomasa (p.h) y la densidad de anfípodos presentes. Muestras con 25 y 50 g de peso inicial. Invierno. (α= 0.02; F, 11.286).
Fig. 8. *Linear regression between net plant biomass increment and amphipods density. Samples with 25 and 50 g of initial weight. Winter.*

Esta alternancia entre los dos grupos puede, no obstante, haber sido inducida por factores ajenos al ciclo climático. De hecho, en otras comunidades fitófilas estudiadas los anfípodos registran su mayor abundancia en el transcurso del verano (Lalana, 1984; Areces *et al.*, 1992) o bien en noviembre (Lalana *et al.*, 1987). La senescencia del vegetal, provocada en este caso por su cultivo bajo condiciones ecológicas adversas, parece incidir en el predominio de los anfípodos. Tampoco pueden soslayarse las variaciones estacionales en la intensidad de la depredación que tiene lugar en el propio seno de esta comunidad. Omnívoros oportunistas como los camarones, capaces de consumir anfípodos (Nelson, 1979), aumentan significativamente su biomasa durante los meses estivales.

Los tanaidáceos, propios mas bien del medio marino, parecen por otra parte depender del régimen pluviométrico en ambientes mixohalinos. En ellos su densidad aumenta en correspondencia con el período de seca, coincidiendo con el invierno en las condiciones propias de la plataforma insular cubana (Lalana, 1984). De cualquier modo, al igual que en otras comunidades fitófilas asociadas a los mantos de algas existentes en algunas lagunas costeras del S de Cuba (Lalana, 1984; González-Sansón y Aguilar, 1984), más del 50 % de los integrantes de esta epibiosis pertenece a uno de los dos órdenes.

Los isópodos y los decápodos experimentaron asimismo variaciones estacionales en su densidad (Fig. 4). En el caso particular de este último grupo, ello se debió al aumento

de los peneídos, aumento que si bien no fué numéricamente importante en comparación con las magnitudes de variación de otros grupos, originó el incremento sustancial de la biomasa de los decápodos observado en el verano.

Los copépodos, por el contrario, no mostraron oscilaciones estacionales apreciables (Fig. 4). Codominantes junto a los nemátodos en la fauna asociada a quitones propios de áreas no contaminadas (VALLE Y DEL CASTILLO, 1988), y muy abundantes en la epifauna colonizadora de sustratos artificiales donde constituyeron hasta el 32 % del total de organismos colectados (HERRERA Y MAURISSET, 1980), apenas alcanzan en esta epibiosis una proporción del 8 % .

Sin embargo, durante el proceso de colonización su marcha muestra cambios cuantitativos notables caracterizando de hecho la etapa inicial de la sucesión que tiene lugar. En la fauna asociada a colectores artificiales integrados por cestas rellenas de bolas de barro, CARVAJAL (1982) encontró un predominio de los copépodos, sucedidos por nemátodos y ostrácodos a los 13 días de colocación. Esta situación cesa con la sustitución definitiva de los copépodos por los anfípodos en la escala de dominancia, después de transcurridos 24 días de colonización. Un hecho semejante tiene lugar en la comunidad estudiada; con valores a los 10 días superiores al 60 %, ya a los 20 días de iniciado este proceso los mismos declinan bruscamente (Fig. 5). En el verano, a partir de los 30 días, no rebasan más del 11.3 % en muestras con 50 g de peso inicial.

Cuando el sustrato vegetal mantiene su vitalidad, como ocurre en ambas etapas climáticas con las muestras de mayor tamaño, la densidad global de los crustáceos disminuye en etapas tardías del proceso de colonización (Fig.5). Este fenómeno coincide con observaciones efectuadas en otras comunidades de este tipo. DEAN Y CONNELL (1987a) encontraron los máximos de abundancia del grupo en estadios intermedios de la sucesión algal. En la fauna asociada a colectores artificiales, CARVAJAL (1982) refirió una disminución incluso de grupos dominantes como los anfípodos después de los 40 días. La disminución de los crustáceos durante el verano también fué en este caso ostensible (de 5.1 a 1.9 organismos por g de biomasa), desde los 40 hasta los 60 días de cultivo.

A pesar de resultar dificil asumir que la comunidad estudiada logra un cierto grado de madurez en tan corto período de tiempo, el comportamiento de indicadores estructurales como el grado de asimetría es consistente con algunas predicciones de carácter teórico sobre la evolución de una comunidad en el trascurso de su sucesión.

En algunas comunidades de invertebrados asociadas a macroalgas ha sido demostrado que el incremento de la complejidad estructural del hábitat condiciona un aumento tanto en la riqueza específica como en la abundancia de invertebrados (DEAN Y CONNELL, 1987b). La asimetría comunitaria respondió de igual modo a las peculiaridades físicas del sustrato y al final del período de observación, después de transcurridos sesenta días de colonización, fué significativamente mayor en los ejemplares pequeños (Fig. 6A) tanto en invierno (U; $p= 0.0096$) como en verano (U; $p= 0.00006$).

Por otro lado, su marcha en esta última estación evidencia que a medida que se desarrolla el proceso de colonización tiende a disminuir en valor (Fig. 6B), fenómeno concordante con el aumento de la equitatividad postulado en etapas tardías de una sucesión (ODUM, 1969). Otros factores parecen intervenir durante el invierno provocando un aumento

de la variabilidad muestreal y secuencial del índice (Fig. 6B), lo cual dificulta la observación de una tendencia semejante en dicho período.

Algo similar también ocurre en invierno con la variabilidad relativa calculada para la abundancia. El nivel de agregación de la fauna es mayor y más acusada su oscilación a lo largo del proceso de colonización (Fig. 6B). Sin embargo, durante el verano la distribución muestreal del número de organismos denota una mayor homogeneidad (Fig. 6B).

La frecuente alteración de los patrones de migración ocasionada por la fuerte remoción de la comunidad epibentónica y el efecto dispersivo sobre la fauna causado por las tormentas invernales generan una variación intrínsecamente mayor de los factores que conforman la epibiosis. Esta diferenciación climática favorece durante la estación invernal el predominio de organismos con menor especialización trófica y limita la estabilización de la depredación intracomunitaria, nexo postulado como uno de los de mayor connotación en la regulación interna de este tipo de comunidad (Dean y Connell, 1987c).

IMPLICACIONES FITOTÉCNICAS

En el maricultivo de algas propias del ecosistema arrecifal los factores fitotécnicos adquieren quizás una importancia capital. Bien organizado espacialmente, las asociaciones que lo integran se hayan sometidas a una intensidad de depredación y herbivorismo capaz de reducir la exclusión competitiva entre presas, manteniendo el nivel de sus poblaciones por debajo de la capacidad de sustentación del ambiente físico.

Bajo estas circunstancias, la ubicación del área de siembra, la distancia al substrato del medio de sostén, su tipo y el período de propagación, rigen el carácter e intensidad del herbivorismo y determinan por ende el rendimiento potencial del cultivo.

El manejo adecuado de los dos primeros factores permite regular la actividad de peces fitófagos y erizos. Aunque ambos grupos compiten entre sí (Hay y Taylor, 1985), en arrecifes sometidos a un intenso esfuerzo pesquero estos últimos pasan a ser los principales herbívoros (Ogden, Brown y Salesky, 1973) y el ramoneo asociado a peces tiende a aumentar solo con la profundidad (Hay, 1984). Sin embargo, cuando la explotación ha sido moderada los peces constituyen los macrofitófagos más importantes (Randall, 1961). Generan por efecto de la actividad de las chopitas (Pomacentridae) y otros herbívoros territoriales un mosaico espacial en la distribución de la cobertura y riqueza algal a escala de hábitat (Hixon y Brostoff, 1983) y, provocan globalmente, gradientes de abundancia florística inversamente correlacionados con la biomasa, densidad y diversidad de loros (Scaridae) y barberos (Acanthuridae) (Lewis, 1984; Russ, 1984).

Los ascoglosos (Mollusca: Opistobranchia) integran otro de los grupos potencialmente perjudiciales para el cultivo. Con numerosas especies cuyas poblaciones son estacionales e irruptivas, pueden ocasionar una masiva destrucción de la cobertura vegetal en altas latitudes cuando la razón biomasa poblacional:biomasa vegetal expresada en peso seco rebasa el 1 % (Clark, 1975). Junto a la ictiofauna fitófaga han sido considerados los principales consumidores de algas sifonales en arrecifes coralinos. En ellos no obstante, sus poblaciones son por lo general pequeñas y agregadas debido a la elevada especialización

del grupo en la selección del hábitat y al parchismo inherente a este ecosistema (CLARK Y DEFREEZE, 1987). Aun así, pueden generar ciclos migratorios de corta duración, colonizando y deprimiendo la productividad del vegetal hospedero incluso en niveles alejados más de dos metros del fondo (Fig. 7). Las máximas densidades de individuos, así como la mayor diversidad de especies, ha sido encontrada en el Caribe entre el manglar y los lechos de arena coralina (CLARK Y DEFREEZE, 1987), zona de transición muy apropiada por el carácter de su hidrodinamismo y la naturaleza trófica del agua para el maricultivo.

En especies como *B. triquetrum*, cuyo talo da lugar a una estructura policríptica, la denudación causada por la actividad de los mesoherbívoros (comúnmente anfípodos, isópodos, camarones, gasterópodos y poliquetos), puede llegar a ser intensa. Dicha actividad, a pesar de manifestar poca afectación ante metabolitos inhibitorios del herbivorismo exudados por el vegetal (HAY, RENAUD Y FENICAL, 1988), es regulada en condiciones naturales por efecto de la fuerte depredación ejercida sobre estos organismos (EDGAR, 1983; ROBERTSON Y LUCAS, 1983). Cuando se vulnera este equilibrio a causa del surgimiento de una barrera física (e.g. distancia inapropiada al sustrato) que impida o limite la actividad predadora de los peces, así como la dispersión de esta epifauna en mantos de algas circundantes con condiciones similares de refugio y alimentación, la misma incrementa su densidad con gran rapidez si ello se conjuga con un estado fisiológico desfavorable de la planta hospedera (Fig. 5). Los anfípodos en particular, considerados homólogos de los insectos en el mundo acuático (HAY, DUFFY Y PFISTER, 1987) pueden consumir a diario un equivalente no menor al 20 % del peso respectivo (SHACKLOCK Y CROFT, 1981) y son capaces de destruir la cobertura en algas filamentosas del sustrato cuando sus densidades aumentan a un individuo por cm^2 (BRAWLEY Y ADEY, 1981). Carentes de estadío larvario, su número en la epibiosis algal dependerá de la densidad previa de progenitores y de la intensidad de depredación a la que son sometidos. Por lo general dominantes en las comunidades fitófilas (NAGLE, 1968), durante el verano los mismos representan hasta el 49 y el 33.6 % de los organismos asociados respectivamente a *Sargassum* spp. y *Laurencia papillosa*, especies dominantes en el mesolitoral rocoso no contaminado (ARECES *ET AL.*, 1992) y pueden alcanzar hasta 7,8 individuos por g de alga fresca en asociaciones altamente productivas de *Cladophora* spp. y *Enteromorpha* spp., existentes en la laguna costera "El Basto", en el litoral SE de Cuba (LALANA, 1984).

Al sobrepasar la tasa neta de conversión a biomasa del vegetal, su herbivorismo torna irreversible la destrucción de rámulas y ápices en crecimiento de la planta hospedera. Se altera así desfavorablemente la proporción de tejido joven con metabolismo activo y el talo pierde vitalidad, acelerándose su recubrimiento con detrito y microepífitas que provocan, además de su sofocación, el incremento de la actividad de ramoneadores y detritófagos y dan lugar a un proceso de deterioro cuya constante retroalimentación finaliza sólo con la destrucción del vegetal.

El aumento de la densidad de anfípodos en el cultivo lo favorece la conjunción de diversos factores adversos, entre ellos una colocación incorrecta del sistema de soporte con respecto al fondo, el empleo de medios de fijación y retención de biomasa como las bolsas, que limitan el intercambio del vegetal con el medio y posibilitan su oclusión con sedimentos. Influye asimismo un período de propagación inadecuado bien por ser este dema-

siado extenso o por corresponder a una etapa climática en la cual la planta se pueda encontrar fisiológicamente deprimida.

En el cultivo de *B. triquetrum* este proceso de denudación parece desarrollarse de manera irreversible cuando la densidad de la mesofauna alcanza valores en el entorno de los 20 organismos por g de biomasa fresca (Fig. 5), o en ella los anfípodos rebasan 5 individuos por g de biomasa. Una vez que el fenómeno tiene lugar, la correspondencia entre la cantidad de anfípodos presentes en la epibiosis y el incremento en peso de la planta resulta de naturaleza inversa y adquiere incluso un carácter lineal (Fig. 8). Ello denota la importancia que pudiera revestir cuantificar su número en la fauna asociada a algas cultivadas como criterio ecológico de optimización fitotécnica.

CONCLUSIONES

1. Los crustáceos constituyeron más del 90 % de los integrantes de la epibiosis algal, representados mayormente por miembros del orden Anfipoda o Tanaidacea. Ambos grupos se alternaron estacionalmente; en verano predominan los tanaidáceos (69.4 %) y durante el invierno los anfípodos (75.8 %).

2. Debido al significativo incremento en la cantidad de moluscos y decápodos que tuvo lugar en el transcurso del verano, la biomasa estival de esta epibiosis resultó superior a la invernal durante casi todo el proceso de colonización. No ocurrió así con la densidad, que siempre fué mayor en invierno.

3. Los copépodos predominan en etapas tempranas de la sucesión. En invierno rebasan el 60% de los organismos colectados a los diez días de iniciado el proceso de colonización. A partir de los veinte días decaen bruscamente para, durante el verano, no sobrepasar más del 11.3% después de transcurridos treinta días.

4. La asimetría comunitaria resultó al final del período de cultivo significativamente mayor en los ejemplares con 25 g de peso inicial. Su valor tiende a disminuir en el transcurso del proceso de colonización que tiene lugar durante el verano. A causa del aumento de la variabilidad muestreal y secuencial del índice, fué dificil distinguir en el invierno una tendencia similar.

5. Anfípodos y moluscos ascoglosos constituyen factores de riesgo en el cultivo de *B. triquetrum*. Ambos grupos fueron capaces de deprimir su productividad y en particular los primeros, cuando rebasaron una densidad de 5 individuos por g de biomasa desvastaron irreversiblemente al vegetal. Los ascoglosos mostraron a diferencia de los anfípodos un comportamiento irruptivo y típicamente estacional. El aumento de los anfípodos en la epibiosis parece, por el contrario, estar asociado a un manejo fitotécnico capaz de deprimir la vitalidad de la planta.

BIBLIOGRAFÍA

Alcolado, P. M., Jimenéz, C., Martínez Estalella, N., Ibarzábal, D., Martínez-Iglesias, J. C., Corvea, A., Abreu, M., y López-Cánovas, C. 1990. *El Bentos de la Macrolaguna del Golfo de Batabanó*. Ed. Academia, La Habana, 161 pp.

Areces, A. J. 1987. *Acerca de la factibilidad del cultivo de* Bryothamnion triquetrum *(Gmelin) Howe. (Phycophyta, Rhodophytina, Ceramiales)*. Inédito. Arch. Cient. Inst. Oceanol., 22 pp.

Areces, A. J., del Valle, R., Ibarzábal, D., Pol, J., y Hernández, L. 1992. Características generales de la fauna asociada a cuatro especies de macroalgas del mesolitoral rocoso cubano. *Ciencias Biológicas*, 25: 117-131.

Aoki, M., y Kikuchi, T. 1990. Habitat adaptations of caprellid amphipods and the importance of epiphytic secondary habitats in a *Sargassum patens* bed in Amakusa, southern Japan. *Publ. Amakusa Mar.Biol. Lab.*, 10(2): 123-133.

Brawley, S. H., y Adey, W. H. 1981. The effect of micrograzers on algal community structure in a coral reef microcosm. *Mar. Biol.*, 61(2-3):167-177.

Cairns, J., y Kenneth, D. 1971. A simple method for the biological assesment of the effects of waste discharges on aquatic bottom- dwelling organisms. *Journal Water Pollution Control Federation*, (5):755-772.

Cancino, J. M., Muñoz, M., y Orellana, M. C. 1987. Effects of epifauna on algal growth and quality of the agar produced by *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss. *Hydrobiologia*, 151/152:233-237.

Carpenter, R. C. 1986. Partitioning herbivory and its effects on coral reef algal communities. *Ecol. Mongr.*, 56:345-363.

Carvajal, A. J. 1982. *Primeros resultados de la aplicación del índice de comparación de secuencias (ICS) a muestras del bentos marino*. Tesis en opción al título de Licenciada en Ciencias Biológicas. Centro de Investigaciones Marinas, Facultad de Biología, Universidad de La Habana. 20 pp.

Clark, K. B. 1975. Nudibranch life cycles in the northwest Atlantic and their relationship to the ecology of fouling communities. *Helgoländer wissenschaftlicher Meeresuntersuchungen*, 27:28-69.

Clark, K. B., y DeFreese, D. 1987. Population ecology of Caribbean ascoglossa (Mollusca: Opistobranchia): a study of specialized algal herbivores. *Amer. Malac. Bull.*, 5(2):259-280.

Cubit, J. D. 1984. Herbivory and the seasonal abundance of algae on a high intertidal rocky shore. *Ecology*, 65(6):1904-1917.

Dean, R. L., y Connell, J. H. 1987a. Marine invertebrates in an algal succession. I. Variations in abundance and diversity with succession. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 109:195-215.

Dean, R. L., y Connell, J. H. 1987b. Marine invertebrates in an algal succession. II. Tests of hypotheses to explain changes in diversity with succession. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 109:217-247.

Dean, R. L., y Connell, J. H. 1987c. Marine invertebrates in an algal succession. III. Mechanisms linking habitat complexity with diversity. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 109:249-273.

Edgar, G. J. 1983. The ecology of the south-east Tasmanian phytal animal communities. IV. Factors affecting the distribution of ampithoid amphipods among algae. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 70:205-225.

Egloff, D. A., y Brakel, W. H. 1973. Stream pollution and a simplified diversity index. *Journal Water Pollution Control Federation*, 46(11):2269-2275.

Gómez, O., Ibarzábal, D., y Silva, A. 1980. Evaluación cuantitativa de bentos en la región suroccidental de Cuba. *Acad. Cien. Cuba, Inf. Cient. Tec.*, 149:1-25.

González Pelegrin, J. 1984. *Variación estacional del mesobentos en una zona del litoral norte de la provincia Ciudad Habana*. Arch. Cient. Inst. Oceanol. Acad. Cien. Cuba, Proyecto de Grado, 19 pp.

González Sansón, G. y Aguilar, C. 1984. Ecología de las lagunas costeras de la región suroriental de Cuba. Rev. Invest. Mar., 5(1):127-171.

Hastings, D. F., y Gutknecht, J. 1976. Ionic relations and the regulation of turgor pressure in the marine alga Valonia macrophysa. *J. membrane Biol.*, 28:263-275.

Hatcher, B. G., y Larkum, A. W. D. 1983. An experimental analysis of factors controlling the standing crop of the epilithic algal community on a coral reef. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 69:61-84.

Hay, M. E. 1984. Patters of fish and urchin grazing on Caribbean coral reefs: are previous results typical? *Ecology*, 65(2):446-454.

Hay, M. E., y Taylor, P. R. 1985.- Competition between herbivorous fishes and urchins on Caribbean reefs. *Oecologia*, 65:591-598.

Hay, M. E., Duffy, J. E., y Pfister, C. A. 1987. Chemical defense against different marine herbivores: are amphipods insect equivalents? *Ecology*, 68(6):1567-1580.

Hay, M. E., Renaud, P. E., y Fenical, W. 1988.- Large mobile versus small sedentary herbivores and their resistance to seaweed chemical defenses. *Oecologia*, (Berlin) 75:246-252.

Herrera, A. 1983. Efecto de residuales industriales sobre el patrón estacional y las características del meiobentos en Santa Cruz del Norte. *Rep. Invest. Inst. Oceanol.*, 20: 1-35.

Herrera A., y Maurisset, M. 1980. Utilidad de los muestreadores de substrato artificial para estudios ecológcos en áreas costeras abiertas. *Ciencias Biológica*s, 5:85-94.

Hixon, M. A. y Brostoff, W. N. 1983. Damselfish as keystone species in reverse: intermediate disturbance and diversity of reef algae. *Science*, 220:511-513.

Ibarzábal, D. 1982. Evaluación cuantitativa del bentos de la región noroccidental de la plataforma de Cuba. *Ciencias Biológicas*, 8: 57-80.

Jiménez, C., y Ibarzábal, D. 1982. Evaluación cuantitativa del mesobentos de la plataforma nororiental de Cuba. *Ciencias Biológicas*, 7:53-69.

Katayama, K. 1982. On damage to cultivated nori *Porphyra* caused by feeding of amphipods. *Bull. Fish. Exp. Stn Okayama Prefect.*, 1981:139-141.

Kato, M., Nakamura, K., Hirai, E., y Kakinuma, Y. 1961. The distribution pattern of hydrozoa on seaweed

with some notes on the so-called coaction among hydrozoan species. *Bull. Mar. Biol. Stat. Asa mushi*, 10:195-202.

KEEFE, T.J., Y BERGERSEN, E. P. 1977. A simple diversity index based on the theory of runs. *Water Research Bull.*, 11:689-691.

LALANA, R. 1984. Fauna asociada a las comunidades de algas en la laguna costera 'El Basto'. *Rev. Invest. Mar.*, 5 (2):3-8.

LALANA, R., DÍAZ, E., BRITO, R., KODJO, D., Y CRUZ, R. 1987. Ecología de la langosta (*Panulirus argus*) al SE de la Isla de la Juventud. III.Estudio cualitativo y cuantitativo del bentos. *Rev. In vest. Mar.*, 8(2):31-53.

LALANA, R., CAPETILLO, N., BRITO, R., DIAZ, E., Y CRUZ, R. 1989. Estudio del zoobentos asociado a *Laurencia intricata* en un área de juveniles de langosta, al SE de la Isla de la Juventud, Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 10(3):207-218.

LALANA, R. en prensa. Fauna asociada a vegetación marina en la laguna costera 'Laguna Grande' Tunas de Zaza, Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 11(3).

LEWIS, S. M. 1984. Herbivory on coral reefs: algal suceptibility to herbivorous fishes. Oecologia (Berlin), 65:370-375.

MIRAVET, M. E., LUGIOYO, M., Y ARECES, A. J. 1983. Identificación y características tróficas de una cepa agarolítica aislada de aguas cubanas. *Rep. Invest. Inst. Oceanol.*, 9: 1- 11.

NAGLE, J. S. 1968. Distribution of the epibiota of macroepibenthic plants. *Contrib. Mar. Sci.*, 13:105-144.

NELSON, W. G. 1979. Experimental studies of selective predation on amphipods: consequenses for amphipod distribution and abundance. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 38:225-245.

ODUM, E. P. 1969. The strategy of ecosistem development. *Science*, 164:262-270.

OGDEN, J. C., BROWN, R., Y SALESKY, N. 1973. Grazing by the echinoid Diadema antillarum Philippi: formation of halos around West Indian patch reefs. *Science*, 182:715-717.

OLIVEIRA F. E., UGADIM, Y. Y DE PAULA, E. J. 1979. Associated epibiota on Sargassum floating on the waters of the brazilian current. Biogeographical remarks. *Bol. Botânica, Univ. S. Paulo*, 7:5-9.

ORTÍZ, M., Y SUÁREZ, A. M. 1983. Un nuevo equipo de muestreo cuantitativo para la colecta de organismos asociados al fitobentos marino. *Rev. Invest. Mar.*, 4(3):93-104.

PATIL, G. P., Y TAILLIE, C. 1976. *Ecological diversity: concepts, indexes and applications*. Proceedings of the International Biometric Conference, 382-411 pags.

PIELOU, E. C. 1975. *Ecological diversity*. John Wiley & Sons, Nueva York, 165 pp.

RANDALL, J. E. 1961. Overgrazing of algae by herbivorous marine fishes. *Ecology*, 42:812.

RUSS, G. 1984. Distribution and abundance of herbivorous grazing fishes in the Central Great Barrier Reef. II. Patterns of zonation of mid-shelf and outer shelf reefs. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 20:35- 44.

ROBERTSON, A., Y LUCAS, J. S. 1983. Food choise, feeding rates, and the turnover of macrophyte biomass by a surf-zone inhabiting amphipod. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 72:99-124.

RYLAND, J. S. 1974. Observations on some epibionts of Gulf weed *Sargassum natans* (L.) Meyen. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 14:17-25.

SHACKLOCK, P. F., Y CROFT, G. B. 1981. Effects of grazers on *Chondrus crispus* in culture. *Aquaculture*, 22(4):331-342.

SIEBURTH, J. MC. N., Y CONOVER, J. T. 1965. *Sargassum* tannin, an antibiotic which retards fouling. *Nature*, 208:52-53.

SIEGEL, S. 1970. *Diseño experimental no paramétrico aplicado a las ciencias de la conducta*. Edición Revolucionaria. Inst. Cubano del Libro, La Habana, 346 pp.

SOKAL, R. R., Y ROHLF, F. J. 1981. *Biometry*. W. H. Freeman and Co., San Francisco, Segunda Edición, 859 pp.

VALLE, R. Y FERNÁNDEZ DE ALAIZA, R. 1986. Características de la comunidad asociada al quitón *Acanthopleura granulata* Gmelin (Mollusca: Polyplacophora), en el área costera de Santa Cruz del Norte, afectada por los residuales de una destilería. *Rep. Invest. Inst. Oceanol.*, 53, 15 pp.

VALLE, R., Y DEL CASTILLO, N. 1988. Empleo de la fauna asociada a Acanthopleura granulata (Mollusca, Polyplacophora) en la evaluación de la calidad ambiental de las aguas costeras. *Ciencias Biológicas*, 19-20:75-85.

Avicennia, 1993, 0: 60- 83

Estructura de las comunidades de peces asociados a los manglares del Grupo Insular Sabana-Camagüey, Cuba.

Fish community structure on mangroves from the Insular Group Sabana-Camagüey, Cuba.

Rodolfo Claro y Juan P. García-Arteaga

Instituto de Oceanología de la Academia de Ciencias de Cuba. 1ª, nº 18406, Municipio Playa, Ciudad de la Habana, Cuba.

Resumen

Se presentan los resultados del estudio de la estructura de las asociaciones de peces que habitan en los manglares de los cayos del Grupo Insular Sabana-Camaguey. Como consecuencia del represamiento de las aguas terrestres y la construcción de viaductos a través de las macrolagunas para unir la isla con los cayos, se están produciendo cambios del régimen hidrológico que pueden afectar sustancialmente la bioproductividad del ecosistema. En 63 censos visuales mediante buceo autónomo se encontró 87 especies de peces, entre los que predominaron por su densidad los de la familia Clupeidae (fundamentalmente *Jenkinsia lamprotaenia* -71%) y por su biomasa, Lutjanidae (46,1%) y Haemulidae (40,1%). Los valores más altos de diversidad, riqueza, densidad y biomasa de peces están relacionados con condiciones favorables de intercambio de agua entre las macrolagunas y el océano abierto. La densidad y biomasa de peces en los manglares muertos o afectados por la hipersalinización de las macrolagunas resultó 3-6 veces inferior a la existente en los manglares no afectados. Los efectos antrópicos en las macrolagunas han afectado en primera instancia la biomasa, en segundo la densidad y por último y con menor intensidad, la riqueza y diversidad. Esta secuencia se debe a que las condiciones adversas en las macrolagunas actúan primero sobre las poblaciones de invertebrados que sirven de alimento a los peces, aumentando la mortalidad de estos y disminuyendo el tamaño de sus poblaciones. La diversidad y riqueza resultaron menos afectadas gracias a la capacidad de movimiento y a la tolerancia de los peces a los limites actuales de salinidad.

Abstract

Fish community structure and composition from mangroves of the Insular Group Sabana-Camaguey were studied. As a consecuence of daming terrestrial runoff and the construction of bermed roads through the macrolagoons in order to interconnect the main island with the keys, changes on the hydrological regime are taking place which may provoke a deplection of macrolagoon's bioproductivity. In 63 diving visual censuces there were observed 87 fish species. The Clupeidae (mainly *Jenkinsia lamprotaenia* -71%) were dominant in density, but Lutjanidae (46%) and Haemulidae (40,1%) by its biomass. Higher values of fish diversity, richness, density and biomass were related with favourable conditions for water exchange between the macrolagoons and open sea. Fish density and biomass in dead mangroves or at sites afected by hypersalinisation, have resulted in 3-6 times lower than observed in healthy mangroves. Antropic effects on the macrolagoons have been reflected in first instance on fish biomass, in second order on density and finally and in lesser extend on richness and diversity. This secuency is due to the fact that adverse conditions on the macrolagoons primarilly provoke a diminution of invertebrate populations which serve as food for fishes, increasing its mortality and diminishing the stocks. Diversity and richness were less affected thank to fish capacity for migration and their tolerance (at least temporally) to actual salinity limits.

Palabras claves: Peces; estructura de comunidades; manglares; Cuba.

Key words: Fishes; community structure; mangroves; Cuba.

INTRODUCCIÓN

Los manglares estuarinos son considerados como importantes zonas de cría de muchos peces e invertebrados marinos (Heald y Odum, 1969; Rutzler, 1969; Austin, 1971; Austin y Austin, 1971), razón de por sí suficiente para establecer medidas para su protección. Pero además en dicho biotopo se ha reportado una alta densidad y biomasa de peces adultos (Valdés-Muñoz, 1981; Valdés-Muñoz, Claro, García-Arteaga y Sierra-Sierra, 1990) muchos de los cuales forman parte de las pesquerías multiespecíficas que se realizan en el complejo de praderas marinas y arrecifes de la plataforma cubana y otras regiones de la zona tropical.

Tanto los manglares, como la ictiofauna asociada al mismo, están sujetas a la nociva actividad antrópica derivada de la explotación de la zona costera, además de ser, por sus condiciones estuarinas, un ambiente inestable, no pronosticable.

En la cayería norte de Cuba (Grupo Insular Sabana-Camagüey) se ha iniciado un vasto plan de construcción de instalaciones para el turismo, que incluye la construcción de viaductos que unen la isla principal con dichos cayos y estos entre si, lo cual pudiera provocar serias alteraciones del régimen hidrológico, con graves consecuencias para el ecosistema marino especialmente los manglares y organismos asociados a estos.

El objetivo principal de este trabajo fue describir la composición, estructura y algunos aspectos de la ecología de las comunidades de peces asociadas a los manglares de la región mencionada, como elemento básico de manejo ambiental, en la planificación física del territorio, y para evaluar los probables cambios provocados por el manejo del ecosistema.

MATERIALES Y MÉTODOS

Entre 1986 y 1989 se realizaron 6 cruceros de investigación a la zona NE de la plataforma cubana (Grupo Insular Jardines del Rey o Sabana-Camagüey), desde Punta Hicacos hasta cayo Sabinal, durante los cuales se realizaron 63 censos visuales con buceo autónomo en los manglares de los cayos (Fig. 1). En cada estación, se censaron los peces observados en 2 a 4 tramos de 100 m a lo largo de la costa del manglar. Para ello, se colocó previamente una cuerda de igual longitud paralela a la pared formada por las raíces del manglar. Con este método solo pueden ser censados los manglares donde la profundidad permite la flotación del buzo (más de 30 cm). Extensas líneas de manglares de los cayos en esta zona poseen menos de esa profundidad, no obstante, se pudo observar que la cantidad de peces en estos es mínima. Todos los peces observados desde la pared hasta 2 m de ésta fueron registrados. En una tablilla, se anotaba la especie, número de individuos y talla estimada de cada uno. Con esos valores se calculó posteriormente el peso total de los individuos de cada especie en el muestreo, empleando para ello las relaciones largo-peso, previamente calculados (Bohnsack y Harper, 1988; Claro y García-Arteaga, en prensa). En los pocos casos en que no se contó con ecuaciones de este tipo para la especie, se empleó la de aquella del mismo género cuya forma corporal fuese más semejante.

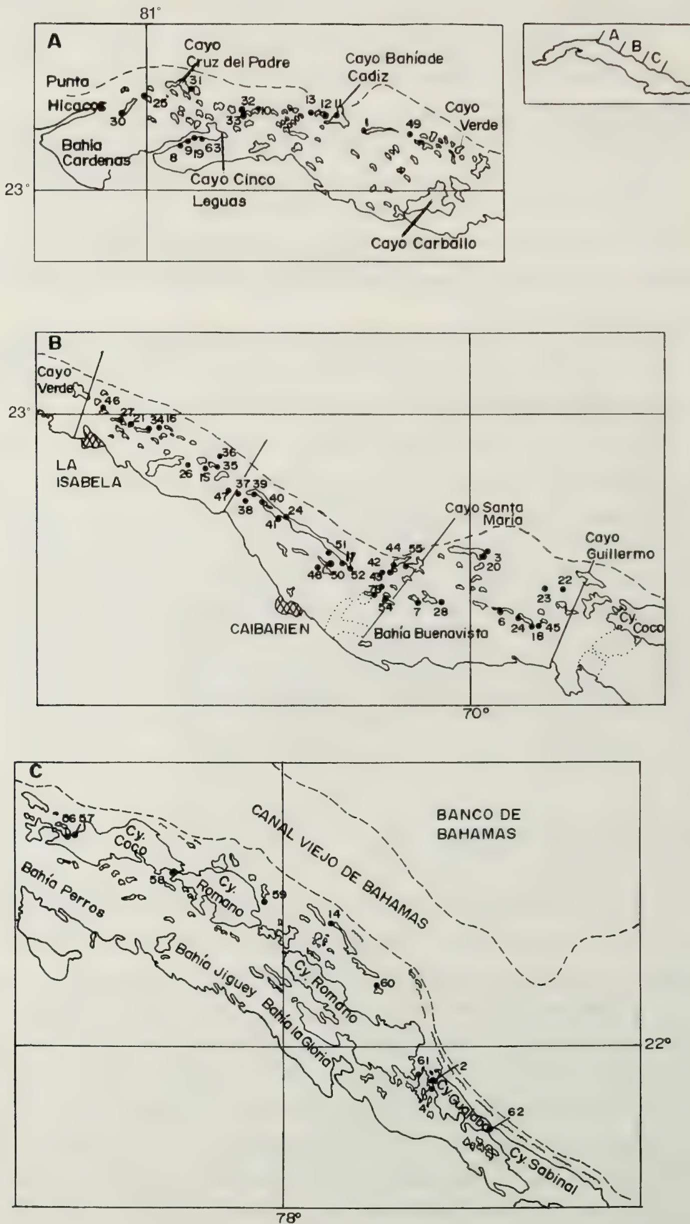


Fig. 1. Ubicación de las estaciones muestreadas en los manglares de tres subzonas del Grupo Insular Sabana- Camagüey: Punta Hicacos- cayo Verde (A), Boca de Sagua la Grande- cayo Guillermo (B) y cayo Coco- cayo Sabinal.

Fig. 1. *Position of censuced stations on mangroves in three subzones of Insular Group Sabana-Camagüey: Punta Hicacos- cayo Verde (A); Boca de Sagua la Grande- cayo Guillermo (B) y cayo Coco- cayo Sabinal (C).*

En cada estación se calculó: densidad y biomasa total, por especie y familia, así como los índices de diversidad -H' (Shannon y Weaver, 1949), de riqueza -R' (Margalef, 1951), y de equitatividad - J' (Pielou, 1966). Para establecer el grado de similitud entre estaciones y entre biótopos y sub-zonas, se empleó el coeficiente de comunidad de GOODALL (1973):

$$CG = nc / (nj + nk - nc)$$

donde: nc es el número de especies comunes a dos muestreos; nj y nk indican el número de especies en los muestreos j y k. Para evaluar la riqueza de especies se empleó además las curvas de rarefacción (SANDERS, 1960). La estructura de la ictiofauna se analizó mediante el método de frecuencia-abundancia descrito por MASON Y BRIANT (1974) para combinar, en un solo indicador la abundancia en número o peso de cada especie, con su frecuencia de aparición en los muestreos. Para ello se establecieron arbitrariamente tres niveles de frecuencia: A, especies que aparecen en más de 67% de los muestreos; B, entre 33 y 67%; C, en menos de 33%. El porcentaje en número o en peso se subdividió a su vez en cuatro niveles de abundancia y peso: 1, densidad o biomasa mayores de 10%; 2, entre 1 y 10%; 3, entre 0,1 y 1% y 4, menores de 0,1%.

Se calculó además el índice de jerarquía -IJ (ranking index) para cada especie, multiplicando el porcentaje de la frecuencia de ocurrencia por el porcentaje de individuos y jerarquizando después los valores obtenidos.

De acuerdo con las peculiaridades de su hábitat los peces se clasificaron de la siguiente forma:

a) residentes - especies que utilizan el manglar como hábitat principal. Sus mecanismos defensivos se encuentran relacionados con el relieve (refugios). Algunas especies pueden realizar migraciones nocturnas de alimentación pero regresan siempre al biótopo.

b) territoriales - especies residentes que defienden o limitan su actividad a un territorio fijo en el manglar.

c) transeúntes - especies que utilizan más de un biótopo a la vez o que transitan de uno a otro en su actividad de forrajeo, o que utilizan el manglar como hábitat secundario.

d) visitantes - especies que no son residentes del manglar y recorren diferentes biótopos en su actividad de forrajeo. Generalmente son peces pelágicos que no emplean el refugio como elemento defensivo.

Considerando la gran extensión de la zona (10 118 km^2), y la existencia en ellas de diferentes condiciones ambientales, se dividió la misma en tres sub-zonas, de acuerdo con sus peculiaridades geográficas y ecológicas, las cuales describimos brevemente a continuación:

Subzona 1 - Peninsula de Hicacos-cayo Verde. Comprende las Bahias de Cárdenas y Santa Clara, bordeadas exteriormente por un rosario de cayos que las separan del mar abierto (Fig. 1A). Salvo la entrada a la Bahía de Cárdenas, el intercambio con este se limita a los pasos y canales entre los cayos. Debido a que en muchos lugares la región es poco profunda, con bajos que afloran a la superficie durante la bajamar, son muchos los manglares a cuyas orillas no es posible llegar buceando, o la profundidad es inferior a 0,3 m, lo cual imposibilita la realización de muestreos en

Estación	Area m^2	No. spp.	H'	R_1	J	Densidad ind/m^2	Biomasa g/m^2
			En manglares vivos				
1	400	12	1,01	0,91	0,28	11,1475	45,40
9	500	20	1,92	1,45	0,44	17,4760	509,66
10	700	22	2,32	1,57	0,52	15,4746	200,96
11	660	27	1,53	2,36	0,32	3,1029	22,64
25	900	34	1,83	2,23	0,36	31,3076	340,95
30	600	24	0,69	1,92	0,15	61,4582	168,98
31	800	18	0,58	1,26	0,14	14,1600	142,78
32	760	33	2,47	2,58	0,49	7,2126	113,98
49	800	23	0,02	1,27	0,01	199,8211	144,12
Medias		24				40,1997	187,72
± DE		7				62,3735	151,86
Medias transformadas por log						19,2754	134,31
± DE						3,1432	2,45
Medias ponderadas		54				48,9397	195,95
Medias ponderadas sin cardúmenes52					2,4552	168,01	
			En manglares afectados				
8	800	12	1,24	0,83	0,34	11,6587	256,12
12	450	13	1,48	1,05	0,40	6,3578	12,41
13	600	24	1,71	1,86	0,37	8,9833	47,11
19	400	13	2,14	1,27	0,58	1,7475	96,69
33	340	26	0,53	1,62	0,11	53,7381	141,53
63	200	7	1,66	0,90	0,59	0,5100	17,43
Medias		16				13,833	95,21
± DE		7				20,0010	93,21
Medias transformadas por log					5,6313	57,38	
± DE						4,3547	2,97
Medias ponderadas		32				13,7301	62,40
Medias ponderadas sin cardumes		30				0,8786	61,91
			En toda la subzona				
Medias		21				30,7325	149,34
± DE		8				48,9320	131,41
Medias transformadas por log						11,7827	95,59
± DE						4,1368	2,90
Medias ponderadas		59				34,1695	166,33
Media ponderadas sin cardúmenes		54				1,9406	148,41

Tabla 1. Valores de densidad, biomasa y de algunos indicadores ecológicos de las asociaciones de peces en los manglares de la subzona Punta Hicacos- cayo Verde.
Table 1. *Values of density, biomass and some ecological indexes of fish assemblages on mangroves from Punta Hicacos- cayo Verde subzone.*

ellos. Por ello, muchos de los censos se realizaron en canales y pasas, donde la profundidad es mayor.

La circulación en la zona está muy limitada por la compleja topografía que determina la multitud de cayos en su interior y que la bordean exteriormente. Los pocos ríos que

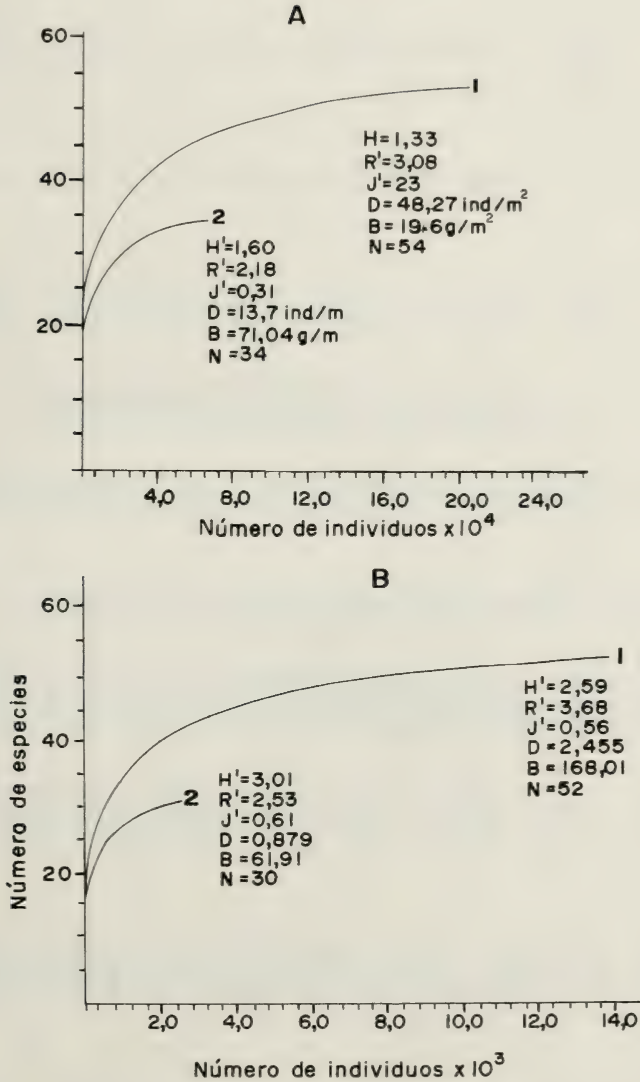


Fig. 2. Curvas de rarefacción y otros indicadores de la estructura de las comunidades de peces en los manglares afectados o muertos (1) y en los manglares vivos (2), de la subzona Punta Hicacos-cayo Verde. Arriba, considerando todas las especies censadas; Abajo, eliminando las especies que forman cardumen. Abreviaturas: H`: índice de diversidad; R`: índice de riqueza; J`: índice de equitatividad; D: densidad de peces; B: biomasa de peces.

Fig. 2. *Rarefaction curves and other indicators of fish community structure on dead (1) and non afected (2) mangroves of Punta Hicacos- cayo Verde subzone. Upper figure, including all censuded species; down, without schooling species. H': diversity index; R1: richness index; J: evenness index; D: fish density; B: fish biomass.*

Tabla 2. Composición por especies y densidad acumulativa de peces en los manglares de las tres subzonas, y densidad, biomasa, categorias frecuencia/abundancia-biomasa (F/a-b) e índice de jerarquía (IJ) de todos las estaciones realizados en el Grupo Insular Sabana-Camagüey.
Table 2. *Fish species composition and cumulative densites on mangroves from three subzones, and density, biomass, frecuency/abundance-biomass categories and Ranking Indexe (IJ) for all stations from the Insular Group Sabana-Camagüey.*

FAMILIAS Especies	Subzonas 1 Densidad ind/m²	Subzonas 2 Densidad ind/m²	Subzonas 3 Densidad ind/m²	Toda la zona Densidad ind/m²	Toda la zona Densidad %	Biomasa g/m²	Biomasa %	Categoria F/a-b	IJ	Relación con el biotopo
ORECTOLOBIDAE	-	<0.0001	-	<0.0001	<0,01	1,08	0,64			
Ginglymostoma cirratum	-	<0,0001	-	<0,0001	<0,01	1,08	0,64	C/4-3	43	T
DASYATIDAE	0,0007	0,0003	0,0003	0,0004	<0,01	0,33	0,20			
Dasyatis americana	0,0001	-	0,0002	0,0001	<0,01	0,22	0,13	C/4-3	43	T
Urolophus jamaicensis	0,0006	0,0002	0,0002	0,0003	<0,01	0,12	0,07	C/4-4	43	T
MURAENIDAE	-	<0,0001	-	<0,0001	<0,01	0,02	0,01			
Echidna catenata	-	<0,0001	-	<0,0001	<0,01	0,02	0,01	C/4-4	43	T
CLUPEIDAE	29,6824	3,5779	9,0877	16,5124	82,98	10,80	6,40			
Harengula clupeola	0,5398	1,1558	0,0431	0,8386	4,21	1,82	1,08	B/2-2	4	R
Harengula humeralis	0,3176	2,3515	-	1,5153	7,61	3,92	2,32	C/2-2	3	R
Jenkinsia lamprotaenia	28,8249	10,0657	9,0447	14,1553	71,14	5,06	3,00	A/1-2	1	R
ENGRAULIDAE	-	1,0006	-	0,6142	3,09	0,74	0,44			
Anchoa lyolepis	-	1,0006	-	0,6142	3,09	0,74	0,44	C/2-3	10	R
OGCOCEPHALIDAE	-	<0,0001	-	<0,0001	<0,01	<0,01	<0,01			
Ogcocephalus nasutus	-	<0,0001	-	<0,0001	<0,01	<0,01	<0,01	C/4-4	43	T
BELONIDAE	0,0149	0,0124	0,0049	0,0118	0,06	0,11	0,07			
Strongylura notata	0,0119	0,0080	0,0027	0,0080	0,04	0,06	0,04	B/4-4	25	T
Tylosurus raphidoma	0,0030	0,0043	0,0022	0,0037	0,02	0,05	0,03	B/4-4	31	T
ATHERINIDAE	2,5466	1,2765	0,4003	1,4246	7,16	1,29	0,76			
Atherinomorus stipes	2,5466	0,4640	0,4003	0,9260	4,65	1,14	0,68	B/2-3	5	R
SERRANIDAE	0,0001	0,0002	0,0002	0,0002	<0,01	0,08	0,05			
Epinephelus striatus	-	0,0001	-	0,0001	<0,01	0,06	0,04	C/4-4	43	V
Mycteroperca bonaci	0,0001	0,0001	0,0002	0,0001	<0,01	0,03	0,02	C/4-4	43	V
CARANGIDAE	0,0204	0,0024	0,0026	0,0065	0,03	0,58	0,34			
Caranx bartholomaei	-	<0,0001	-	<0,0001	<0,01	<0,01	<0,01	C/4-4	43	V
Caranx latus	0,0061	0,0010	0,0021	0,0023	0,01	0,29	0,17	C/4-3	38	V
Caranx ruber	0,0143	0,0014	0,0005	0,0041	0,02	0,28	0,17	C/4-3	34	V
LUTJANIDAE	0,3469	0,4293	0,6222	0,4414	2,22	77,77	46,06			
Lutjanus analis	0,0037	0,0041	0,0069	0,0045	0,02	5,86	3,47	B/4-2	26	V
Lutjanus apodus	0,1559	0,2292	0,3523	0,2322	1,17	21,88	12,96	A/2-1	6	R

Tabla 2. Continuación
Table 2. *Continuation*

FAMILIAS Especies	Sub-zonas 1 Densidad ind/m²	2 Densidad ind/m²	3 Densidad ind/m²	Toda la zona Densidad ind/m²	%	Biomasa g/m²	%	Categoria F/a-b	IJ	Relación con el biotopo
Lutjanus cyanopterus	0,0022	0,0028	0,0053	0,0031	0,02	6,54	3,87	B/4-2	28	R
Lutjanus griseus	0,1667	0,1472	0,2311	0,1650	0,83	36,90	21,86	A/3-1	8	R
Lutjanus jocu	0,0125	0,0248	0,0262	0,0222	0,11	3,25	1,93	A/3-2	13	R
Lutjanus mahogoni	0,0003	<0,0001	-	0,0001	0,00	0,02	0,01	C/4-4	43	T
Lutjanus synagris	0,0056	0,0002	-	0,0014	0,01	0,10	0,06	C/4-4	42	T
Ocyurus chrysurus	-	0,0005	0,0005	0,0004	0,00	0,08	0,05	C/4-4	43	T
GERREIDAE	0,1593	0,3968	0,0560	0,2886	1,45	3,10	1,84			
Diapterus plumieri	0,0016	<0,0001	-	0,0004	0,00	0,01	0,01	C/4-4	43	T
Eucinostomus havana	0,1211	0,3029	0,0356	0,2191	1,10	0,57	0,34	A/2-3	7	T
Eugerres brasilianus	-	0,0009	-	0,0006	<0,01	<0,01	<0,01	C/4-4	43	R
Gerres cinereus	0,0366	0,0902	0,0204	0,0669	0,34	2,48	1,47	A/3-2	11	T
HAEMULIDAE	1,2593	0,9122	1,0093	1,0064	5,06	67,66	40,08			
Anisotremus virginicus	0,0011	0,0055	0,0014	0,0038	0,02	0,15	0,09	B/4-4	30	R
Haemulon album	0,0092	-	0,0002	0,0021	0,01	0,39	0,23	C/4-3	42	V
Haemulon aurolineatum	0,0442	0,0570	0,0360	0,0508	0,26	1,15	0,68	C/3-3	15	T
Haemulon carbonarium	-	0,0313	0,0003	0,0193	0,10	0,58	0,34	C/3-3	27	T
Haemulon chrysargyreum	0,0001	-	-	<0,0001	<0,01	<0,01	<0,01	C/4-4	43	T
Haemulon flavolineatum	0,1336	0,1952	0,2108	0,1837	0,92	3,09	1,83	A/3-2	9	R
Haemulon parrai	0,0044	0,0376	0,0040	0,0247	0,12	1,22	0,72	B/3-3	17	T
Haemulon plumieri	0,0157	0,0099	0,0785	0,0222	0,11	1,25	0,74	B/3-3	16	R
Haemulon sciurus	1,0510	0,4824	0,6780	0,6425	3,23	54,95	32,55	A/2-1	2	R
Haemulon spp.	-	0,0151	-	0,0093	0,05	0,34	0,20	C/4-3	36	
SPARIDAE	0,0022	0,0218	0,0002	0,0139	0,07	0,68	0,40			
Archosargus rhomboidalis	0,0020	0,0217	0,0002	0,0138	0,07	0,67	0,40	C/4-3	20	R
Calamus calamus	-	<0,0001	-	<0,0001	<0,01	<0,01	<0,01	C/4-4	43	T
Lagodon rhomboides	-	0,0001	-	0,0001	<0,01	0,01	0,01	C/4-4	43	T
Calamus sp,	0,0002	-	-	0,0001	<0,01	<0,01	<0,01	C/4-4	43	
MULLIDAE	0,0001	0,0024	0,0005	0,0016	0,01	0,09	0,05			
Mulloidichthys martinicus	0,0001	0,0023	0,0005	0,0015	0,01	0,09	0,05	C/4-4	40	T
Pseudopeneus maculatus	-	0,0001	-	0,0001	<0,01	0,01	0,01	C/4-4	43	T
KYPHOSIDAE	0,0001	0,0011	-	0,0007	<0,01	0,09	0,05			
Kyphosus sectatrix	0,0001	0,0009	-	0,0006	<0,01	0,03	0,02	C/4-4	43	T
EPHIPPIDAE	0,0009	0,0011	0,0013	0,0011	0,01	1,65	0,98			
Chaetodipterus faber	0,0009	0,0011	0,0013	0,0011	0,01	1,65	0,98	C/4-3	39	R

Tabla 2. Continuación
Table 2. *Continuation*

FAMILIAS Especies	Sub-zonas 1 Densidad ind/m²	Sub-zonas 2 Densidad ind/m²	Sub-zonas 3 Densidad ind/m²	Toda la zona Densidad ind/m²	Toda la zona Densidad %	Biomasa g/m²	Biomasa %	Categoria F/a-b	IJ	Relación con el biotopo
CHAETODONTIDAE	0,0062	0,0068	0,0054	0,0064	0,03	0,06	0,04			
Chaetodon aculeatus	0,0002	-	-	0,0001	<0,01	<0,01	<0,01	C/4-4	43	R
Chaetodon capistratus	0,0054	0,0050	0,0054	0,0052	0,03	0,05	0,03	B/4-4	23	R
Chaetodon ocellatus	0,0006	0,0004	-	0,0004	<0,01	<0,01	<0,01	C/4-4	43	R
Chaetodon striatus	-	0,0002	-	0,0001	<0,01	<0,01	<0,01	C/4-4	43	R
POMACANTHIDAE	0,0004	0,0008	0,0024	0,0010	0,01	0,31	0,18			
Holacanthus ciliaris	0,0001	-	0,0008	0,0002	<0,01	0,01	0,01	C/4-4	43	R
Holacanthus isabelita	0,0001	-	-	<0,0001	<0,01	<0,01	<0,01	C/4-4	43	R
Pomacanthus arcuatus	0,0002	0,0004	0,0006	0,0004	<0,01	0,15	0,09	C/4-4	43	R
Pomacanthus paru	-	0,0003	0,0010	0,0003	<0,01	0,15	0,09	C/4-4	43	R
POMACENTRIDAE	0,0512	0,0514	0,0445	0,0503	0,25	1,98	1,17			
Abudefduf saxatilis	0,0347	0,0308	0,0362	0,0326	0,16	1,55	0,92	A/3-3	12	R
Abudefduf taurus	-	0,0063	-	0,0039	0,02	0,32	0,19	C/4-3	41	R
Microspatlodon chrysurus	0,0001	0,0001	-	0,0001	<0,01	<0,01	<0,01	C/4-4	43	R
Stegastes dorsopunicans	0,0034	0,0016	0,0018	0,0020	0,01	0,03	0,02	C/4-4	36	R
Stegastes leucostictus	0,0104	0,0045	0,0053	0,0060	0,03	0,03	0,02	B/4-4	24	R
Stegastes partitus	-	<0,0001	-	<0,0001	<0,01	<0,01	<0,01	C/4-4	43	
Stegastes variabilis	0,0026	0,0037	0,0013	0,0031	0,02	0,02	0,01	C/4-4	33	R
LABRIDAE	0,0017	0,0395	0,0032	0,0251	0,13	0,09	0,05			
Bodianus rufus	-	0,0001	-	0,0001	<0,01	<0,01	<0,01	C/4-4	43	R
Halichoeres bivittatus	0,0003	0,0002	0,0021	0,0005	<0,01	0,01	0,01	C/4-4	43	R
Halichoeres maculipinna	0,0004	0,0002	-	0,0002	<0,01	<0,01	<0,01	C/4-4	43	R
Halichoeres radiatus	-	0,0004	0,0006	0,0004	<0,01	0,01	0,01	C/4-4	43	R
Lachnolaimus maximus	-	<0,0001	-	<0,0001	<0,01	<0,01	<0,01	C/4-4	43	R
Thalassoma bifasciatum	0,0009	0,0086	0,0005	0,0055	0,03	0,02	0,01	C/4-4	32	T
SCARIDAE	0,0109	0,0234	0,0308	0,0217	0,11	1,69	1,00			
Scarus coelestinus	0,0002	0,0006	0,0002	0,0004	<0,01	0,27	0,16	C/4-3	43	T
Scarus coeruleus	-	<0,0001	-	<0,0001	<0,01	0,02	0,01	C/4-4	43	T
Scarus croicensis	0,0061	0,0096	0,0118	0,0092	0,05	0,06	0,04	B/4-4	22	R
Scarusgua camaia	0,0003	0,0017	0,0008	0,0012	0,01	0,79	0,47	C/4-3	37	T
Sparisoma aurofrenatum	-	0,0007	-	0,0005	<0,01	0,07	0,04	C/4-4	43	T
Sparisoma chrysopterum	0,0030	0,0029	0,0159	0,0050	0,03	0,22	0,13	B/4-3	29	R
Sparisoma radians	0,0002	-	-	0,0001	<0,01	<0,01	<0,01	C/4-4	43	T

Tabla 2. Continuación
Table 2. *Continuation*

FAMILIAS Especies	Sub-zonas 1 Densidad ind/m²	Sub-zonas 2 Densidad ind/m²	Sub-zonas 3 Densidad ind/m²	Toda la zona Densidad ind/m²	Toda la zona Densidad %	Biomasa g/m²	Biomasa %	Categoria F/a-b	IJ	Relacióncon elbiotopo
Sparisoma rubripinne	-	0,0002	0,0014	0,0004	<0,01	0,05	0,03	C/4-4	43	T
Sparisoma viride	0,0011	0,0017	0,0006	0,0014	0,01	0,11	0,07	B/4-4	35	R
SPHYRAENIDAE	0,0080	0,0092	0,0073	0,0087	0,04	4,25	2,52			
Sphyraena barracuda	0,0080	0,0079	0,0073	0,0078	0,04	4,06	2,40	A/4-2	18	T
GOBIIDAE	-	-	0,0032	0,0005	<0,01	<0,01	<0,01			
Gnatholepis thompsoni	-	-	0,0032	0,0005	<0,01	<0,01	<0,01	C/4-4	43	R
ACANTHURIDAE	0,0165	0,0531	0,0292	0,0410	0,21	2,04	1,21			
Acanthurus bahianus	0,0011	0,0085	0,0029	0,0060	0,03	0,29	0,17	B/4-3	25	R
Acanthurus coeruleus	0,0020	0,0137	0,0123	0,0108	0,05	0,74	0,44	A/4-3	19	R
Acanthurus chirurgus	0,0134	0,0234	0,0140	0,0196	0,10	0,98	0,58	A/3-3	14	R
BALISTIDAE	-	<0,0001	-	<0,0001	<0,01	<0,01	<0,01			
Balistes vetula	-	<0,0001	-	<0,0001	<0,01	<0,01	<0,01	C/4-4	43	T
OSTRACIIDAE	-	0,0001	-	0,0001	<0,01	0,03	0,02			
Lactophrys quadricornis	-	<0,0001	-	<0,0001	<0,01	0,01	0,01	C/4-4	43	T
Lactophrys trigonus	-	0,0001	-	0,0001	<0,01	0,03	0,02	C/4-4	43	T
TETRAODONTIDAE	-	-	0,0002	<0,0001	<0,01	<0,01	<0,01			
Sphaeroides spengleri	-	-	0,0002	<0,0001	<0,01	<0,01	<0,01	C/4-4	43	T
DIODONTIDAE	-	0,0001	0,0005	0,0001	<0,01	0,59	0,35			
Diodon hystrix	-	0,0001	0,0005	0,0001	<0,01	0,59	0,35	C/4-3	43	T
POECILLIDAE	0,0409	0,0078	0,0075	0,0153	0,08	0,03	0,02			
Gambusia spp.	0,0409	0,0078	0,0075	0,0153	0,08	0,03	0,02	C/4-4	21	R

Número total de especies: 87
Número medio de especies/muestreo: 22±7 DE
Número total de especies sin cardúmenes: 83
Número de familias: 30
Densidad media por estaciones (ind/m2): 18,946 ± 30,326 DE

Densidad media ponderada: 19,8992
Densidad media ponderada sin cardúmenes: 1,8498
Biomasa media por estaciones (g/m2): 171,25±189,53 DE
Biomasa media ponderada: 168,83
Biomasa media ponderada sin cardúmenes: 156,15

desaguan en la bahia son de muy pobre caudal o están represados, por lo que el aporte terrígeno es muy limitado, todo lo cual determina condiciones halinas típicas de un estuario negativo. La temperatura del agua es en general alta: 24-25°C en invierno y 30°C en verano y la salinidad en la Bahía de Santa Clara fluctúa entre 37 y 44‰ (P.M. Alcolado, comunicación personal).

Subzona 2 -Boca de Sagua a cayo Guillermo. Comprende el llamado Puerto Sagua la Grande, la Bahía San Juan de los Remedios y la Bahía de Buenavista. Al igual que la subzona Peninsula de Hicacos-cayo Verde, se encuentra bordeada de cayos, que limitan su intercambio con el océano, aunque en la primera bahía mencionada, este es superior que en las demás. La circulación interior también está muy limitada por la compleja topografía que determinan los numerosos cayos y bajos de las macrolagunas (Fig. 1B). Salvo en los canales y pasas, la profundidad es generalmente inferior a 3-4 m y en grandes extensiones inferior a 2 m. En el acuatorio de La Isabela, la salinidad en época de seca alcanzó 37,2‰ (en superficie, según datos de 1976-1979, Lluis Riera (1984)), mientras que en la región al N de Caibarien alcanzó 47.5‰ en 1990 (P.M. Alcolado, comunicación personal). En el período de lluvias la salinidad baja bastante: a 29,2 ‰. en la Isabela (1982) y a 34,7‰. en la segunda región (datos de 1982 según Lluis-Riera, 1984), aunque en 1990 el valor mnimo encontrado fue de 37‰ (P.M. Alcolado, comunicacin personal).

La región de La Isabela es la única de la sub-zona que recibe un importante aporte de aguas terrígenas, gracias al Rio Sagua la Grande, y además presenta un buen intercambio con el océano. En la Bahía de Buenavista, sin embargo, P.M. Alcolado (comunicación personal) encontró salinidades de 38 a 43‰ en época de seca.

Subzona 3 - Cayo Coco-cayo Sabinal. Esta región se caracteriza por la presencia de islas relativamente grandes, como los cayos Coco, Romano, Guajaba y Sabinal, los cuales delimitan un mar interior muy poco profundo (menos de 1,5 m) que forma las Bahías de Los Perros, Jiguey, La Gloria y Ensenada de Sabinal. El intercambio de agua entre estos acuatorios con el océano es extremadamente pobre al igual que el escurrimiento desde tierra, lo cual unido a la intensa evaporación, determina condiciones hipersalinas. Esta situación se agrava con la construcción de viaductos que limitan aún más la circulación en las macrolagunas. La flora y fauna bénticas son muy pobres, limitadas a solo algunos organismos adaptados a tales condiciones extremas (Alcolado *et al.*, 1990).

En la Bahía Los Perros, después de la construcción del viaducto que une la isla con cayo Coco, se ha reportado un continuo incremento de la salinidad, que alcanzó, durante el Periodo de seca de 1990, hasta 79‰., aunque esta bajó a 25‰. durante las lluvias (P.M. Alcolado, comunicación personal).

RESULTADOS

Subzona Punta Hicacos-cayo Verde. De los 15 censos visuales realizados, cinco de ellos se efectuaron en manglares ya muertos o seriamente afectados por la elevación de la salinidad (Alcolado y Menéndez, 1993), cuyas ramas se encontraban completamente secas, sin hojas, aunque conservan sus raíces en el agua. En estos últimos, se en-

contró que la densidad y biomasa son muy inferiores a las de los manglares no afectados (Tabla 1).

Los valores de H', R_1 y J' fueron muy bajos y variables en ambos hábitats, lo cual estuvo dado por la alta dominancia de algunas especies que forman cardúmenes numerosos. Por ello, se calcularon también estos índices eliminando tales especies, a saber: *Jenkinsia lamprotaenia*, *Harengula* spp., *Atherinomorus stipes* y *Anchoa liolepis*. De tal forma también se obtuvo un valor de H' superior en los manglares afectados debido evidentemente a mayor dominancia en los manglares vivos, que presentaron una densidad 3 veces mayor. No obstante, tanto el valor de R_1 como las curvas de rarefacción (Fig. 2) y el número de especies calculado para 60 000 individuos (S), demuestran mayor riqueza de especies en los manglares vivos (S = 45) que en los muertos (S = 34). Las curvas de rarefacción, que excluyen las especies de cardumen (Fig. 2B), mostraron un cuadro muy similar al de las curvas con todos los datos, debido a que evidentemente se mantiene, en gran medida, la proporción entre las especies y su densidad, aunque las diferencias más marcadas se ob-

Categorías tróficas	Densidad ind/m2	%	Biomasa g/m2	%	no. de especies
		Sub-zona Punta Hicacos-cayo Verde			
Omnívoros	0,0152	0,1	0,10	0,1	3
Herbívoros	0,0570	0,2	2,98	1,3	12
Planctófagos	32,5946	94,5	19,94	12,4	6
Bentófagos	1,4332	4,2	74,38	46,1	24
Ictiófagos	0,2048	0,6	45,8	28,4	7
Ictiobentófagos	0,1540	0,4	18,94	11,7	4
		Sub-zona Bocas de Sagua la Grande-cayo Guillermo			
Omnívoros	0,0099	0,1	0,08	0,1	5
Herbívoros	0,0920	0,6	5,96	4,3	15
Planctófagos	15,0376	89,2	12,9	9,3	5
Bentófagos	1,2785	7,6	58,15	41,8	35
Ictiófagos	0,1726	1,0	36,18	26,0	10
Ictiobentófagos	0,2590	1,5	25,83	18,6	7
		Sub-zona cayo Coco-cayo Sabinal			
Omnívoros	0,0082	0,1	0,09	0,1	3
Herbívoros	0,0690	0,5	4,23	1,5	10
Planctófagos	9,4653	83,9	4,42	1,5	4
Bentófagos	1,1150	9,9	107,52	37,6	25
Ictiófagos	0,2504	2,2	101,35	35,5	7
Ictiobentófagos	0,3848	3,4	68,04	23,8	5
		Total			
Omnívoros	0,0105	0,1	0,08	0,1	5
Herbívoros	0,0785	0,5	4,78	2,9	15
Planctófagos	14,2445	88,7	10,95	6,7	6
Bentófagos	1,2826	7,9	69,54	42,3	42
Ictiofagos	0,1904	1,2	48,26	29,4	10
Ictiobentófagos	0,2524	1,6	30,63	18,6	7

Tabla 3. Estructura trófica de las asociaciones de peces en los manglares del Grupo Insular Sabana- Camagüey.

Table 3. *Trophic structure of fish assemblages on mangroves from the Insular Group Sabana-Camagüey.*

Tabla 4. Valores de densidad, biomasa y algunos indicadores ecológicos de las asociaciones de peces en los manglares de la subzona Bocas de Sagua la Grande-cayo Guillermo.

Table 4. *Values of density, biomass and some ecological indicators of fish assemblages on mangroves from Bocas de Sagua la Grande-cayo Guillermo subzone.*

Estacion	Area m^2	no. spp.	H'	R_1	J'	Densidad ind/m^2	Bimasa g/m^2
			La Isabela				
27	800	25	0,99	1,73	0,21	18,501	5,72
47	500	24	2,51	2,26	0,55	2,344	111,39
46	800	26	3,24	2,44	0,69	1,521	38,59
36	800	25	0,73	1,61	0,16	39,022	272,46
35	280	25	1,54	1,86	0,33	27,035	177,60
34	800	23	1,75	2,04	0,39	2,167	85,05
26	400	13	2,62	1,31	0,71	1,435	61,48
21	800	31	1,16	2,40	0,23	7,309	87,57
16	1300	23	3,71	2,60	0,82	0,273	27,67
15	600	23	2,52	1,99	0,56	3,586	24,40
Medias		24				10,612	98,49
± DE		5				13,383	76,34
Medias transformadas por log						3,523	75,66
+DE						4,263	2,08
Medias ponderadas		60				10,612	104,55
Medias ponderadas sin cardúmenes 55						1,349	96,19
			Caibarien				
17	760	28	3,32	2,13	0,69	8,733	236,86
55	600	35	0,57	2,35	0,11	37,900	191,75
54	600	14	0,77	1,02	0,2	11,528	208,25
53	600	30	0,96	1,92	0,2	57,171	201,69
52	400	19	1,07	1,19	0,25	88,117	205,94
51	400	24	0,93	1,67	0,2	34,680	104,16
50	400	28	1,39	1,96	0,29	34,830	243,90
48	400	22	2,45	1,96	0,55	4,235	257,43
44	400	23	1,0	1,6	0,22	35,037	133,26
43	400	13	2,57	1,43	0,69	0,825	36,54
42	400	15	2,57	1,88	0,66	0,435	16,57
41	400	18	2,89	1,72	0,69	2,392	96,64
40	600	26	1,66	1,64	0,35	66,758	356,29
39	400	15	2,06	1,24	0,53	6,212	167,47
38	400	14	2,78	1,61	0,73	0,685	36,55
7	400	27	2,03	2,08	0,43	14,647	205,95
24	400	17	2,14	1,66	0,52	1,977	54,93
Medias		22				23,842	162,01
± DE		6				26,642	93,60
Medias transformadaspor log						9,202	125,77
± DE						5,253	2,28
Medias ponderadas		56				26,985	176,16
Medias ponderadas sin cardúmenes 51						2,436	151,55
			Bahia de Buenavista				
18	600	23	1,20	1,40	0,27	42,557	128,69
45	600	15	2,04	1,51	0,52	1,048	70,76
29	600	22	0,56	1,42	0,12	48,255	376,61
28	600	26	1,38	1,80	0,29	25,547	231,74
23	600	28	0,60	1,86	0,20	39,840	436,46
22	800	29	0,95	2,09	0,20	13,346	283,00

Tabla 4. Continuación.
Table 4. *Continuation.*

Estacion	Area m^2	nº spp.	H'	R_1	J'	Densidad ind/m2	Biomasa g/m
220	385	22	3,10	2,04	0,69	3,299	86,34
5	1800	32	0,77	2,17	0,15	11,279	91,54
3	1000	24	0,85	1,90	0,19	4,137	37,74
7	1300	17	1,81	1,13	0,44	14,411	96,66
6	1200	17	2,95	1,57	0,72	0,961	33,35
Medias		23				19,062	170,26
± DE		5				18,370	140,19
Medias transformadas por log						9,424	122,64
+DE						4,132	2,30
Medias ponderadas		78				16,611	138,80
Medias ponderadas sin cardúmenes 73						1,820	126,21
					En toda la subzona		
Medias		38				18,790	147,60
± DE		6				21,588	106,89
Medias transformadas por log						7,554	109,24
± DE						4,787	2,30
Medias ponderadas		64				14,089	145,94
Medias ponderadas sin cardúmenes 60						1,690	130,06

servan en las manjúas (*Jenkinsia lamprotaenia*), los roncos (Haemulidae) y los pargos (Lutjanidae), especialmente en las formas juveniles de éstas y otras especies. La densidad de juveniles fue 5,6 veces menor que en los manglares muertos. La biomasa de especies de interés comercial fue casi tres veces mayor en los manglares vivos (159,0 g/m^2) que en los muertos (57,5 g/m^2).

Las diferencias mencionadas pudieron ser mayores pero debido a que aún se encuentran muy cerca (pocas decenas de metros) los sectores sanos del manglar de aquellos afectados, los peces pueden moverse de un lugar a otro en su actividad de forrajeo.

El coeficiente de comunidad (Goodall, 1973) entre los manglares vivos evidencia un nivel de similitud relativamente bajo entre pares de muestreos: como promedio 0,4l ± 0,08DE. Entre los manglares muertos el promedio fue semejante: 0,40 ± 0,11DE. Sin embargo, al comparar los promedios ponderados de ambos grupos se obtuvo un nivel mayor: 0,52.

En los muestreos realizados en toda la región, se encontró 59 especies (Tabla 2), aunque el promedio por muestreo fue solo de 21 ± 8 . Por su densidad, la familia Clupeidae constituyó 87% de todos los individuos, representada casi totalmente por la manjúa o sardina enana, *Jenkinsia lamprotaenia* (IJ = 1, categoría A/1-1). Esta especie estuvo presente en la mayoría de los muestreos, casi siempre con una alta densidad. Le siguió en abundancia *Atherinomorus stipes* (IJ = 2) aunque con mucho menor frecuencia y abundancia (categoría B/2-2). Tal dominancia de dichas especies influyó en los valores bajos de los índices de diversidad y equitatividad. Las mayores densidades de estas especies se ob-

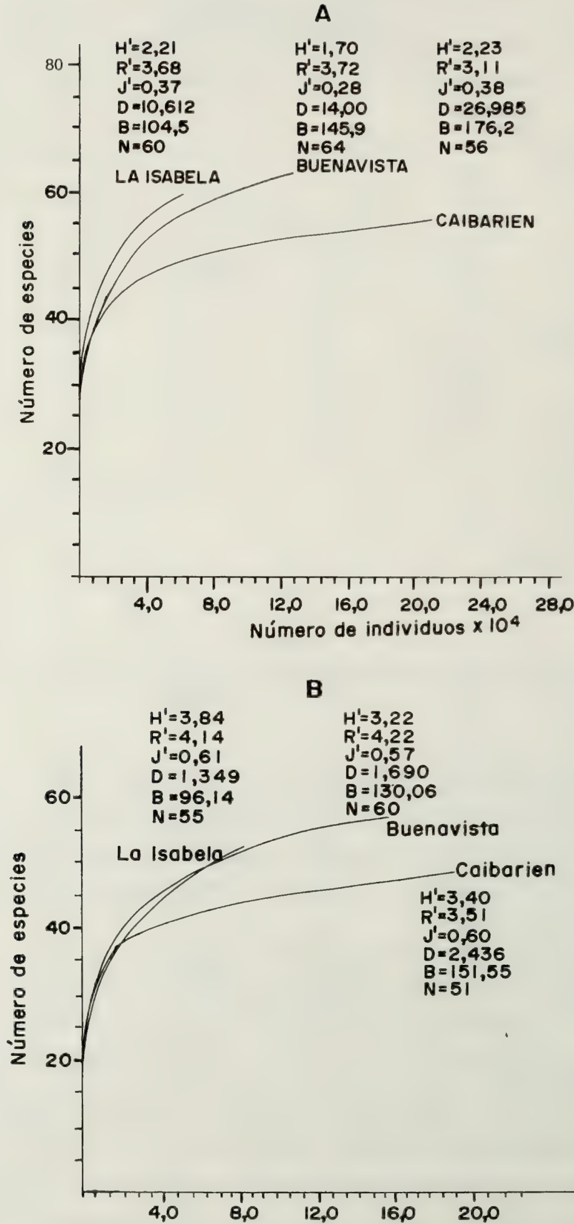


Fig. 3. Curvas de rarefacción y otros indicadores de las comunidades de peces en los manglares de tres regiones de la subzona Bocas de Sagua la Grande- cayo Guillermo. (Leyenda igual que en Fig. 2).

Fig. 3. *Rarefaction curves and others indicators of fish community structure on mangroves from three regions of Bocas de Sagua la Grande- cayo Guillermo subzone. (Legend like in Fig. 2).*

servaron en los lugares donde el intercambio de agua entre la plataforma y el océano mantiene una salinidad no muy alta (cercana a la normal del océano abierto). En las regiones interiores donde la salinidad es superior a 40‰. o sufre grandes fluctuaciones, dichas especies generalmente estuvieron ausentes.

Tanto la densidad como la biomasa fueron muy variables, en lo cual influyó notablemente la gran movilidad de los peces a lo largo de la lìnea costera en horas del día, o su agregación en parches o cardúmenes, como es el caso de la manjúa y otras sardinas.

Estación	Area m^2	nº spp.	H'	R_1	J	Densidad ind/m2	Biomasa g/m2
			En los manglares interiores				
2	400	3	0,08	0,24	0,05	0,8325	17,96
4	950	26	0,83	2,07	0,18	4,5392	101,06
56	600	13	0,57	1,08	0,16	3,6385	40,84
57	600	24	1,51	2,15	0,33	2,7253	89,21
58	720	26	2,08	2,31	0,44	2,5530	112,00
61	600	23	3,33	2,54	0,74	0,6733	144,32
62	600	14	1,34	1,33	0,35	1,435	122,67
Medias		18				2,3424	89,72
± DE		9				1,4483	45,15
Medias trasformadas por log						1,9091	74,81
± DE						1,9732	2,00
Medias ponderadas		47				2,5873	94,43
Medias ponderadas sin cardúmenes 44						0,4195	91,46
			En los manglares de los cayos exteriores				
14	600	27	2,97	2,62	0,62	1,6083	244,29
59	600	30	0,73	1,85	0,15	89,6933	1053,16
60	600	33	2,28	2,63	0,43	7,7103	993,73
Medias		30				33,0000	763,73
± DE		3				49,1891	450,82
Medias transformadas por log						10,3609	634,68
± DE						5,2325	1,96
Medias ponderadas		42				33,0038	763,75
Medias ponderadas sin cardúmenes 39						5,3372	756,08
			En toda la sub-zona				
Medias		22				11,5409	291,93
± DE		3				27,5399	390,54
Medias transformadas por log						3,1710	142,08
± DE						3,7482	3,31
Medias ponderadas		54				11,3199	286,56
Medias ponderadas sin cardúmenes 51						1,8318	282,26

Tabla 5. Valores de densidad, biomasa y de algunos indicadores ecológicos de las asociaciones de peces en los manglares de la región cayo Coco- cayo Sabinal.
Table 5. *Values of density, biomass and some ecological indicators of fish assemblages on mangroves from cayo Coco- cayo Sabinal subzone.*

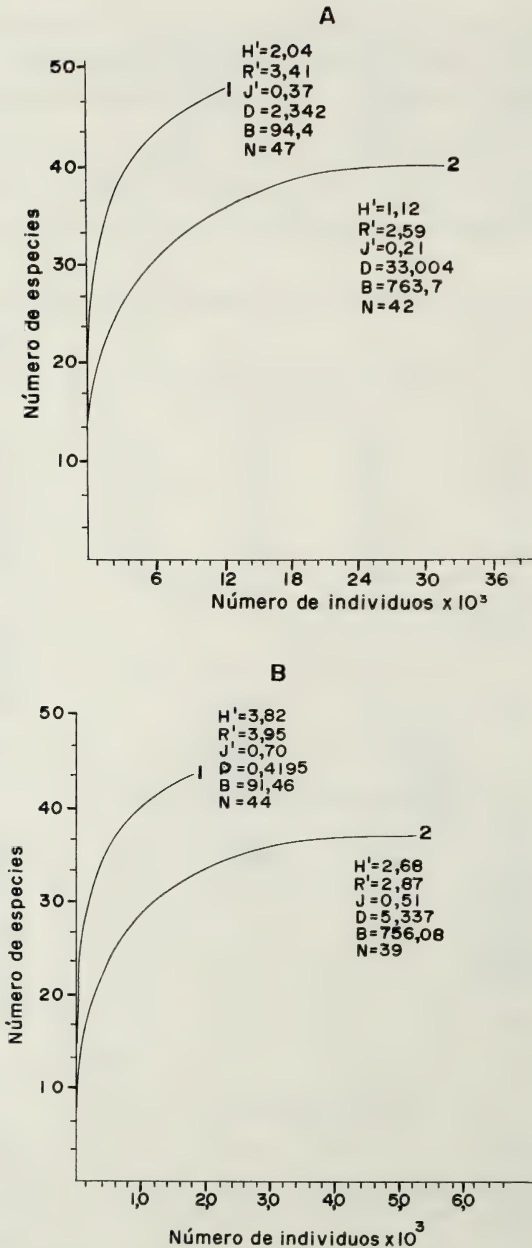


Fig. 4. Curvas de rarefacción y otros indicadores de las comunidades de peces en los manglares exteriores (1) e interiores (2) de la subzona cayo Coco- cayo Sabinal. (Leyenda igual que en Fig. 2).

Fig. 4. *Rarefaction curves and others indicators of fish community structure on offshore (1) and inshore (2) mangroves from cayo Coco- cayo Sabinal subzone. (Legend like in Fig. 2)*

Los valores más altos de biomasa estuvieron dados por la presencia de los roncos (Haemulidae), principalmente el ronco amarillo, *Haemulon sciurus* (IJ =3) que aportó cerca de 40% de esta, y en segundo lugar por los pargos (Lutjanidae), representados por el caballerote, *Lutjanus griseus* y el cají, *L. apodus* (IJ = 6 y 9 respectivamente). Estas dos familias constituyeron 82% de la biomasa íctica en este biótopo.

Aunque los peces planctófagos resultaron por su número 94,5% del total de individuos, estuvieron representados por solo 6 especies, con solo 12,4% de la biomasa. Los bentófagos e ictiófagos fueron más importantes: 86,4% de la biomasa (Tabla 3).

Subzona Boca de Sagua la Grande-cayo Guillermo. Esta sub-zona presenta especial interés por las grandes perspectivas para la explotación turística de sus cayos y por los planes de construcción de viaductos de acceso a los mismos a través de la plataforma. Por ello, se realizó un mayor número de muestreos en los manglares de sus macrolagunas. En los 38 censos visuales realizados se encontraron 78 especies de peces, aunque como promedio había solo 23 ± 6 en cada estación. Los índices de diversidad, riqueza y equitatividad fueron más altos que en las otras dos subzonas.

Dado que en esta sub-zona se pueden delimitar tres regiones con caractersticas propias, como se ha señalado anteriormente, hemos separado las estaciones correspondientes a cada una, a las cuales llamaremos: La Isabela, Caibarien, y Buenavista, de acuerdo con su ubicacin geográfica (Fig. 1B).

No se observan diferencias notables en los valores de H', R_1 y J entre las estaciones de las tres regiones (Tabla 4). La densidad y biomasa de peces en La Isabela fueron inferiores a los otros dos acuatorios (diferencia significativa para $p > 0,05$). La región de Caibarien por el contrario, presentó los más altos valores de estos dos indicadores (diferencias altamente significativas de las medias transformadas, en todos los casos: $P > 0,999$), debido a mayor abundancia relativa de manjúa, *Jenkinsia lamprotaenia*), pargos (Lutjonidae) y roncos (Haemulidae). Los valores más altos de densidad y biomasa se encontraron en las estaciones ubicadas en la región al NE de Caibarien. Esta región recibe las aguas eutróficas de la Bahía de Buenavista, que son empujadas por los vientos predominantes hacia el W y encuentran salida al mar abierto por este lugar. A juzgar por nuestros datos y los de las capturas (Claro y García-Arteaga, en prensa), esta región es una de las de mayor producción pesquera en toda la costa norte.

En las estaciones situadas hacia el W y al S de cayo Fragoso, donde el intercambio de aguas con el océano es pobre y la salinidad sobrepasa los 40‰, la densidad y biomasa de peces es mucho menor. Sin embargo, en los canales que atraviesan dicho cayo, donde es muy fuerte el flujo de agua provocado por la marea, entre la macrolaguna y el mar abierto, la biomasa y densidad de peces es alta.

La densidad de manjúa en esa regin de Caibarien (14,33 ind/m^2) fué mayor que en los cayos al N de Buenavista (11,9 ind/m^2) y en la Isabela (7,4 ind/m^2).

La densidad del resto de las especies también fué dos veces mayor en la región de Caibarién (5,6 ind/m^2) que en La Isabela (2,2) y Buenavista (2,0), aunque las diferencias en biomasa fueron menos marcadas.

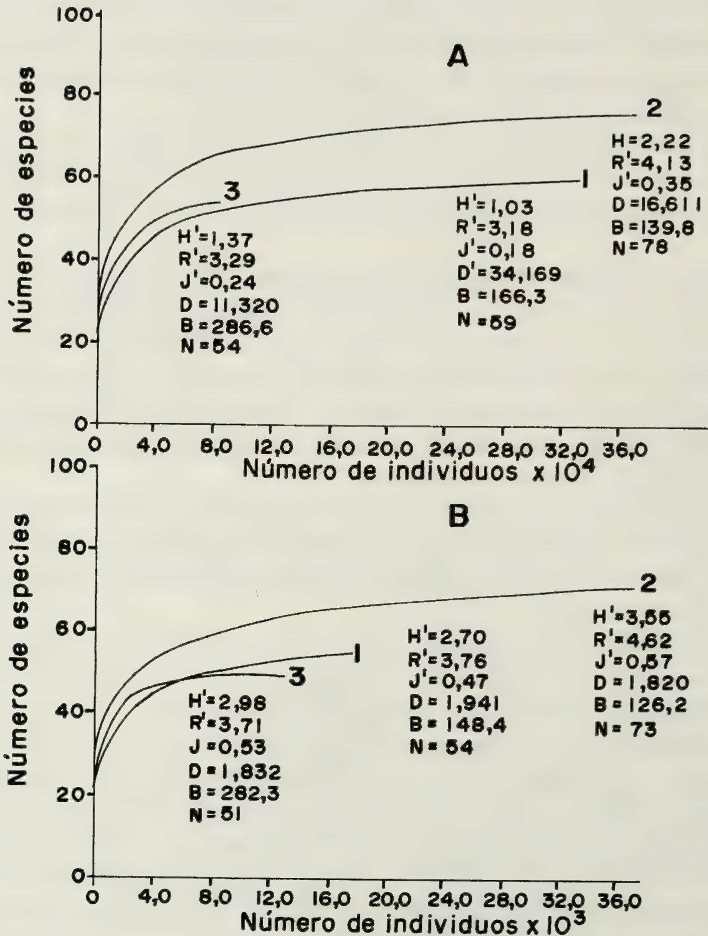


Fig. 5. Curvas de rarefacción y otros indicadores de las comunidades de peces en los manglares del Grupo Insular Sabana- Camagüey. 1- subzona Punta Hicacos- cayo Verde, 2- Bocas de Sagua la Grande- cayo Guillermo; 2 - cayo Coco- cayo Sabinal (3). (Leyenda igual que en Fig. 2).
Fig. 5. *Rarefaccion curves and others indicators of fish community structure on mangroves from the Insular Group Sabana- Camagüey. 1- Punta Hicacos- cayo Verde subzone; 2- Bocas de Sagua la Grande- cayo Gu*illermo subzone; 3- cayo Coco- cayo Sabinal subzone (Legend like in Fig. 2).

La biomasa de especies comerciales también fué superior en la región de Caibarién (143 g/m^2) que en Buenavista (91,8) y La Isabela (73,5).

Los valores del coeficiente de comunidad entre muestreos fluctuaron de 0,31 a 0,54 (0,41 ± 0,07 DE), evidenciando relativamente poca coincidencia de especies entre estaciones. Sin embargo, al comparar los valores ponderados de todos los muestreos realizados en cada una de las tres regiones, se encontró valores del coeficiente de comunidad

relativamente altos: 0,61 entre las macrolagunas de La Isabela y Caibariém, 0,70 entre La Isabela y Buenavista, y 0,69 entre Caibariém y Buenavista.

Considerando la subzona en su conjunto, los mayores valores de densidad, biomasa y riqueza de especies, se observaron en los manglares, donde por su cercanía con el océano, las condiciones de circulación y salinidad del agua son mas favorables, como los cayos Francés, Cobo, Boca Chica, Flores, Contrabando, etc.

La manjúa, *Jenkinsia lamprotaenia*, fué la especie predominante (59,7% de todos los peces censados) y causante principal de la alta densidad encontrada en este biotopo (Tabla 2, Fig. 3). Le sigue en importancia (IJ = 2), aunque en mucho menor densidad, la sardina de ley, *Harengula humeralis* (IJ = 2; F/a-b = B/2-2). Esta especie también constituye un recurso potencial apreciable, tanto para consumo humano (preferiblemente en conservas) como carnada viva para la pesca de atunes y otras especies.

La biomasa más alta correspondió a *Haemulon sciurus* (42,3 g/m^2), que además ocupó el tercer lugar por su índice de jerarquía. No obstante, los pargos en su conjunto, aportaron mayor biomasa (55,6%) que los roncos (50,3%) y constituyeron las principales especies comerciales observadas en dicho biotopo, especialmente el caballerote, *Lutjanus griseus* y el cají, *L. apodus*.

Al igual que en la sub-zona Punta Hicacos-cayo Verde, los peces bentófagos fueron predominantes por su biomasa (86,4%), aunque por su densidad los planctófagos fueron más abundantes, gracias a la abundancia de peces de la familia Clupeidae (Tabla 3).

Subzona cayo Coco - cayo Sabinal. La circulación en las macrolagunas de esta subzona se ha visto muy afectada por la construcción de un viaducto que atraviesa de S a N la Bahía de Jiguey, el cual entorpece el movimiento residual de las aguas de E a W provocado por el régimen de vientos. Más recientemente se construyó el viaducto que une cayo Coco con cayo Romano, y otro que conecta este con cayo Paredón Grande. Estos obstáculos, que entorpecen el intercambio con el océano, unidos al pobre aporte de aguas terrígenas y el alto nivel de evaporación, determinan altos valores de salinidad en las macrolaguna.

En esta sub-zona solo pudieron ser censados siete manglares ubicados en los canales que separan los cayos unos de otros, (donde la salinidad y turbiedad son relativamente altas, aunque no tanto como en el interior de las macrolagunas) y tres muestreos en manglares situados en los cayos exteriores donde prevalecen condiciones muy cercanas a las de mar abierto. Los manglares de la parte S de los cayos que bordean las macrolagunas y los existentes en los cayos interiores y tierra firme, no pudieron ser estudiados, debido a la alta turbidez del agua.

Al analizar por separado los muestreos realizados en los manglares interiores de los canales que separan los cayos Coco, Romano, Guajaba y Sabinal, y aquellos existentes en los cayos exteriores de la plataforma (cayos Cruz, Antón y Corúa), se observaron notables diferencias en la estructura de la comunidad. En los primeros, la diversidad, riqueza, equitatividad, densidad y biomasa promedios por estaciones son inferiores a las obtenidos en los manglares que mantienen buen intercambio con las aguas oceánicas (Tabla 5, Fig. 4). En los manglares exteriores la densidad de manjúas, por ejemplo, alcanzó 27,5

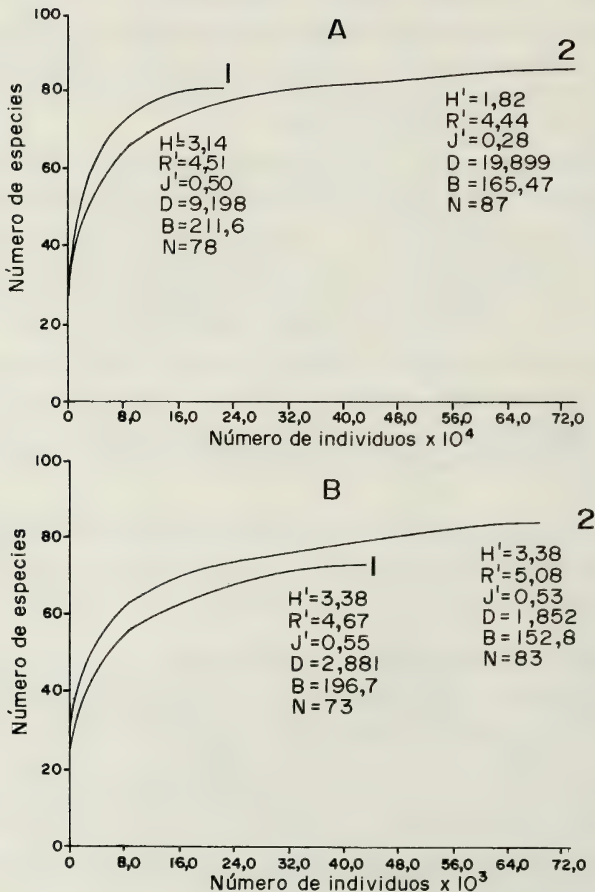


Fig. 6. Curvas de rarefacción y otros indicadores de las comunidades de peces en los manglares del Golfo de Batabanó (1) y del Grupo Insular Sabana- Camagüey (2). (Leyenda igual que en Fig. 2).
Fig. 6. *Rarefaccion curves and others indicators of fish community structure on mangroves from Batabanó Gulf (1) and the Insular Group Sabana- Camagüey. (Legend like in Fig. 2).*

ind/m^2, mientras que en los interiores fué solo de 1,6 ind/m^2. Las biomasas encontradas en los primeros fué 8 veces mayor y las más altas observadas en este trabajo.

En los cayos exteriores la biomasa de especies comerciales alcanzó 714 g/m^2, mientras que en los canales de los cayos solo llegó a 89,8 g/m^2. El primer valor mencionado puede estar influido por la cercanía de esos cayos a los arrecifes de parche y la pendiente arrecifal, donde abundan los peces de mayor talla. Las diferencias de los valores medios transformados de densidad y biomasa fueron altamente significativos ($P > 0,999$).

Es necesario recalcar que los muestreos de los manglares interiores se realizaron en estaciones ubicadas en los canales que sirven de comunicación a las bahías con el océano, y por tanto en ellos la influencia oceánica mejora las condiciones con relación a las existentes en el interior de las macrolagunas, donde es de esperar afectaciones mayores de la ictiofauna.

Los pargos (Lutjanidae), en los cayos exteriores presentaron una biomasa acumulativa de 400 g/m^2, representados fundamentalmente por *Lutjanus griseus* y *L. apodus*, y en los manglares interiores la biomasa de pargos fué seis veces menor (69 g/m^2). Los roncos, que presentaron valores de 322 g/m^2 en los cayos de afuera, alcanzaron solo 9 g/m^2 en los interiores. Tal densidad de peces en los manglares exteriores determinó valores muy bajos del índice de diversidad debido a una alta dominancia de algunas especies. No obstante, al eliminar las especies que forman cardúmenes, el valor de estos indicadores aumenta sustancialmente, aunque se mantienen las relaciones descritas anteriormente para H', R_1 y J (Fig. 4B).

Los peces juveniles fueron raros en los manglares interiores, lo cual evidentemente es resultado de condiciones desfavorables para su alimentación y crecimiento.

El coeficiente de comunidad entre ambos grupos de muestreos fué relativamente alto (0,65) evidenciando una notable similitud en la composición por especies en ambos biótopos.

Considerando en su conjunto todos los muestreos realizados en los manglares de la subzona, se encontró en total 54 especies de peces (Tabla 2). La especie predominante en ambos grupos de muestreos fué la manjúa, *Jenkinsia lamprotaenia* (IJ =1), seguida de los pargos y los roncos, al igual que en las otras subzonas. Los planctófagos predominaron por su densidad, pero los bentófagos e ictiófagos constituyeron la biomasa principal (Tabla 3).

DISCUSIÓN

En los 63 censos visuales realizados en los manglares del Grupo Insular Sabana-Camaguey, se encontró 87 especies de peces, pertenecientes a 30 familias. En todos los acuatorios predominaron por su número las de la familia Clupeidae (83%), principalmente *Jenkinsia lamprotaenia* (71%) y por su biomasa los pargos (46,1%) y roncos (40,1%) (Tabla 2). Todas estas especies utilizan el manglar como refugio durante el dia, y se dispersan de noche para alimentarse, por las praderas de fanerógamas o los fondos fangosos de las macrolagunas. Por ello, las relaciones tróficas de estos peces están supeditadas a las condiciones ambientales de ese biótopo. Aproximadamente 90% de la biomasa de los peces encontrados dependen para su alimentación de los organismos bentónicos, cuya biomasa ha sido seriamente afectada por los cambios desfavorables del medio, que se están produciendo en estas macrolagunas (Alcolado, Jiménez, Espinosa, Ibarzabal, Martínez, del Valle, Hernández, Abreu, Vega y Ramírez, 1990 a y b).

Los valores más altos de diversidad, riqueza y equitatividad se observaron en la subzona Bocas de Sagua la Grande-cayo Guillermo (Fig. 5). Sin embargo, los valores por estaciones indican que las diferencias reales parecen estar vinculadas no a la región, sino a

las condiciones ambientales locales en cada estación: la mayor diversidad y riqueza coincide generalmente con condiciones favorables de intercambio de agua con el océano. Este mismo factor determina tambien los más altos valores de densidad y biomasa. Así, por ejemplo, aunque la mayor biomasa se encontró en la subzona cayo Coco-cayo Sabinal, su valor está determinado por los muestreos realizados en los manglares exteriores de la cayería (Tabla 5).

Los factores que más influyen en la ausencia de peces en los manglares secos son la disminución del área de sombra y refugio, así como la pérdida paulatina de organismos sésiles (plantas y animales) sobre las raices, lo cual además de disminuir la complejidad física del biótopo, afecta la base alimentaria de los peces.

Tanto en este caso, como en las demás regiones donde se observó condiciones ambientales adversas (alta salinidad, pobre intercambio de aguas con el océano, etc), su efecto influyó, en primera instancia sobre la biomasa de peces, en segundo sobre la densidad y por último, y con menor intensidad sobre la riqueza y diversidad. Ello se debe a que tales condiciones adversas afectan primero a la biomasa de invertebrados bentónicos que sirven de alimento a los peces, lo cual incide directamente sobre el crecimiento de estos, su mortalidad natural y el tamaño de sus poblaciones. Es evidente que la mayoría de las especies encontrados en este biótopo son capaces de tolerar, al menos temporalmente, el nivel de afectación ambiental existente en el momento de los muestreos (alta salinidad, pobre base alimentaria). Por otra parte, la capacidad de movimientos de los peces les permite cierta compensación, al permitirles forrajear por toda la zona y migrar hacia lugares menos afectados. Por tales razones, la diversidad y riqueza de peces no siempre se ven disminuidas por las condiciones adversas.

No obstante, las grandes diferencias en biomasa de peces entre regiones interiores estresadas por la salinización y de aquellas donde no se manifiesta aún su efecto, constituye una muestra de las grandes afectaciones a que puede conducir la salinización de los acuatorios, aún en su fase de desarrollo. Tales daños deberán reflejarse sobre las pesquerías de la región, en los próximos años, si no se toman medidas para incrementar el intercambio de agua de las macrolagunas interiores con el océano. Considerando la zona en su conjunto, los índices de diversidad, riqueza y equitatividad encontrados fueron inferiores a los observados en el Golfo de Batabanó (Valdés- Muñoz *et al.* 1990), pero la densidad fué muy superior en la cayeria norte (Fig. 6A). Sin embargo, al eliminar por igual en las muestras a las especies que forman cardumen, resulta que la diversidad y equitatividad son muy semejantes y la riqueza es mayor en la zona norte, al punto que las curvas de rarefacción se invierten (Fig. 6B). En cambio, la densidad y biomasa resultan más altas en el Golfo de Batabanó.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos dejar constancia de nuestro agradecimiento a la tripulacin del barco de investigaciones "Tritón" y a los buzos de apoyo del Instituto de Oceanologia, por su cooperacin en los muestreos, y a los compañeros Jorge L. Hernández y Germán Acosta, por

su asistencia té,cnica. Así mismo agradecemos al Dr. Pedro Alcolado por sus sugerencias y análisis crítico de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

Alcolado, P.M., C. Jiménez, J. Espinosa, D. Ibarzabal, J.C. Martínez, R. del Valle, N. Martínez, A. Hernández, M. Abreu, L. Vega and E. Ramírez. 1990. Ecología Marina. En: *Estudios de los grupos insulares y zonas litorales del Archipiélago cubano con fines turísticos. Cayos Mégano grande, Cruz, Romano y Guajaba*. L. Fernández, R. Cañizares y H. Gómez (eds.). Ed. Cient. Téc. La Habana: 99-109.

Alcolado, P.M. y L. Menéndez. 1993. Mortalidad masiva de manglares: un caso en el norte de Cuba. En: *Taller sobre manejo del manglar en Centro América y el Caribe*, Miami, 1993.

Austin, H. M. 1971. A survey of the ichtyofauna of the mangroves of Western Puerto Rico during december, 1967 august, 1968. *Caribb. J. Sci.*, 11(1-2): 27-40.

Austin, H. M. y S. Austin. 1971. The feeding habits of some juvenile marine fishes from the mangroves in western Puerto Rico. *Caribb. J. Sci.*, 11(3-4): 171-178.

Bohnsack, J.A. y D.E. Harper. 1988. *Length-weigth relationships of selected marine reef fishes from the Southeastern United States and the Caribbean*. NOAA Technical Memorandum HMFS-SEFC-215, 31 pp.

Claro R. y J.P. García-Arteaga. en prensa. Crecimiento. En: *Ecología de los peces marinos de Cuba*. R. Claro (ed.). Editorial Academia.

Claro R. y J.P. García-Arteaga. en prensa. *Situación actual y perspectivas de los recursos pesqueros del Grupo Insular Sabana-Camaguey*. Ciencias, Editorial Academia.

Goodall, D. W. 1973. Sample similarity and especies correlation. En: *Handbook of vegetation science* (R.H. Wittaker, ed.), vol 5, W.Jank, La Hague, Netherlands, pp. 106-156.

Heald, E. J. y W.E. Odum. 1970. The contribution of mangrove swamps to Florida fisheries. *Proc. Gulf Carib. Fish. Inst.*, 22:130-135.

Lluis-Riera, M. 1984. Estudios hidrológicos de la plataforma nororiental de Cuba (zona D). *Acad. Cien. Cuba, Inst. Oceanol.*, 44 pp.

Margalef, R. 1951. Diversidad de especies en las comunidades naturales. *Publ. Inst. Biol. Apl. Barcelona*, 9: 5-27.

Mason, C.F. y R.J. Bryant. 1974. The structure and divesity of the animal communities in a broadland reedswamp. *J. Zool.*, 172: 289-302.

Pielou, E. C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. Theoret. Biol.*, 13: 131-144.

Rutzler, K. 1969. *The mangrove community, aspects of its structure, faunistics, and ecology*. Mem. Symp. Internacl. Lagunas Costeras, UNAM-UNESCO, nov. 28-30, 1967, México D.F., pp. 515-536.

Sanders, H. L. 1960. Benthic study in Buzzards Bay. III. The structure of the soft botton communities. *Limnol. Oceanogr.*, 5: 138-153.

Shannon, C. E. y W. Weaver. 1949. *The mathematical theory of communication*. Illinois Press, Urbana, 177 pp.

Valdés-Muñoz, E. 1981.- Estructura y diversidad de la ictiofauna de los manglares de Punta del Este, Isla de la Juventud. *Cien. Biol.*, 6: 111-124.

Valdés-Muñoz, E., R. Claro, J. P. García-Arteaga, y L. M. Sierra-Sierra. 1990. Características de las comunidades de peces en los manglares del Golfo de Batabanó. En: *Asociaciones de peces en los biótopos del Golfo de Batabanó*. R. Claro (ed.). Editorial Academia, pp. 67-82.

Avicennia, 1993, 0: 84- 111

Distribución y abundancia de la macrofauna bentónica vágil en tres arrecifes de la plataforma suroccidental de Cuba.

Distribution and abundance of vagile macrobenthic fauna on three reefs from the southwestern cuban shelf.

Diana R. Ibarzábal

Instituto de Oceanología de la Academia de Ciencias de Cuba.1ª, nº 18406, Municipio Playa, Ciudad de la Habana, Cuba.

Resumen

Se estudió la macrofauna vágil de los sustratos rocoso y arenoso de tres arrecifes de barrera de la región suroccidental de la plataforma cubana. Se demostró la influencia de las condiciones ambientales a que están sometidos sobre la infauna y la criptofauna y sus diferencias en cada uno de los arrecifes determinada por la posición geográfica que ocupan cada uno de ellos. Se comparan las abundancias y la distribución de los principales grupos taxonómicos en las zonas del perfil estudiado, desde la laguna arrecifal hasta 25 m en la pendiente externa, así como las diferencias y particularidades de la infauna presente en el sustrato arenoso y en las cavidades rocosas.

Abstract

Vagile macrofauna of both, sandy and rocky substrates of three barrier reefs in southwestern region of cuban shelf are studied. The influence of differents environment conditions produced by the geographic position of each reef inside the distribution and abundance of principal taxonomic groups are demonstrated. Differences between the sandy infaunal groups and cryptofaunal groups are studied from the reef lagoon to 25 m deep in outer slope.

Palabras clave: fauna vágil, bentos, arrecife, Cuba.

Key words: vagile faune, benthos, reef, Cuba.

INTRODUCCIÓN

La plataforma cubana cuenta con una extensa franja de arrecifes coralinos que la rodean. Estos se han estudiado desde diferentes puntos de vista, ZLATARSKI Y MARTÍNEZ-ESTALELLA (1980) realizaron un estudio muy completo de la fauna de corales escleractíneos alrededor de toda Cuba. Otros trabajos como los de ALCOLADO (1979, 1985 y 1989) sobre esponjas y los de HERRERA Y ALCOLADO (1986 y en prensa) sobre gorgonáceos completan el conocimiento de la principal fauna sésil arrecifal.

La fauna bentónica vágil de los arrecifes presenta una marcada importancia en la riqueza de este biotopo entre otras razones por el gran número de especies que la componen y que encuentran en él alimento y refugio al mismo tiempo que constituyen una fuente de alimento para los depredadores bentófagos del arrecife, resultando de esta forma un gran aporte a la trama trófica del mismo.

En el borde de casi toda la plataforma suroccidental se encuentran los más bellos y exuberantes arrecifes de barrera cubanos. Su estudio sistemático y ecológico se desarrolló durante los años 1987 y 1988 y en él se abarcan casi todos los grupos animales y vegetales de nuestra fauna marina, tanto los sésiles como los vágiles.

Sobre estos últimos solo se contaba hasta el presente con los resultados de Martínez-Estalella (1983) y los obtenidos en el arrecife de Punta del Este, Isla de la Juventud, donde se realizó un estudio ecológico sobre la fauna bentónica del lugar y del cual se derivaron distintos artículos sobre la distribución de peces, poliquetos y moluscos (Valdés-Muñoz, 1981; Ibarzábal, 1985 y Alcolado y Cortés, 1987).

El presente artículo trata sobre la distribución de la macroinfauna bentónica de los sustratos blandos y rocosos de tres arrecifes de barrera de la costa SW cubana. La fauna del sustrato arenoso se estudió de forma preliminar en un trabajo que se realizó a modo de prospección en esta misma zona (Ibarzábal, en prensa), en cambio los resultados que se muestran aquí sobre la criptofauna son los primeros que se obtienen en Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en tres arrecifes de la plataforma SW de Cuba, el de Cayo Juan García, al SW del Golfo de Batabanó (21° 59' 30" N, 84° 39' 30" W); el de Cayo Cantiles (21° 35' 04" N, 81° 57' 04" W) y el de Diego Pérez (22° 21' 00" N, 81° 31' 00" W), situados al S y al E respectivamente del ya citado Golfo (Fig. 1).

En cada uno de éstos se situaron 9 estaciones en un perfil perpendicular a la barrera que se extendió desde la laguna arrecifal hasta 25 m de profundidad en la pendiente externa, (Fig. 1).

Para la fauna del sustrato blando se situaron dos estaciones en la laguna arrecifal (1 y 1-A), la primera en el seibadal denso que cubre el centro de la misma y la segunda más cercana a la barrera donde la vegetación se empobrece y aparecen parches de arena limpia. Las estaciones 2, 4, 5, 6, 7 y 9 corresponden en cada arrecife a la zona trasera, la zona de embate, la explanada abrasiva (en 5 m) y la pendiente externa en 10, 15 y 25 m de profundidad. El sedimento de la barrera arrecifal no se pudo muestrear por la dificultad de llegar con los equipos de muestreo hasta las pequeñas pocetas de arena que se encuentran en el centro de la misma.

Las muestras de sedimento se tomaron con una draga de succión acoplada a un botella de aire comprimido operada por medio de buceo autónomo. Este método modificado por Ibarzábal (1987), fue utilizado con buenos resultados en biotopos arenosos y seibadales, pero su mayor ventaja en los muestreos en arrecife, ya establecida por otros autores (Thomassin, 1978) es posibilitar la toma de muestras en los estrechos canales de arena de la pendiente externa , donde cualquier otro muestreador resulta casi imposible de utilizar de forma eficaz. Las muestras se tomaron dentro de un área de 0,1 m^2 y se colectaron 5 réplicas en cada estación en los meses de febrero (invierno) y julio (verano) de 1987.

En el caso de la criptofauna, se muestrearon las mismas estaciones, con la diferencia de que en la laguna arrecifal no se distinguieron dos localidades sino que se colectaron las

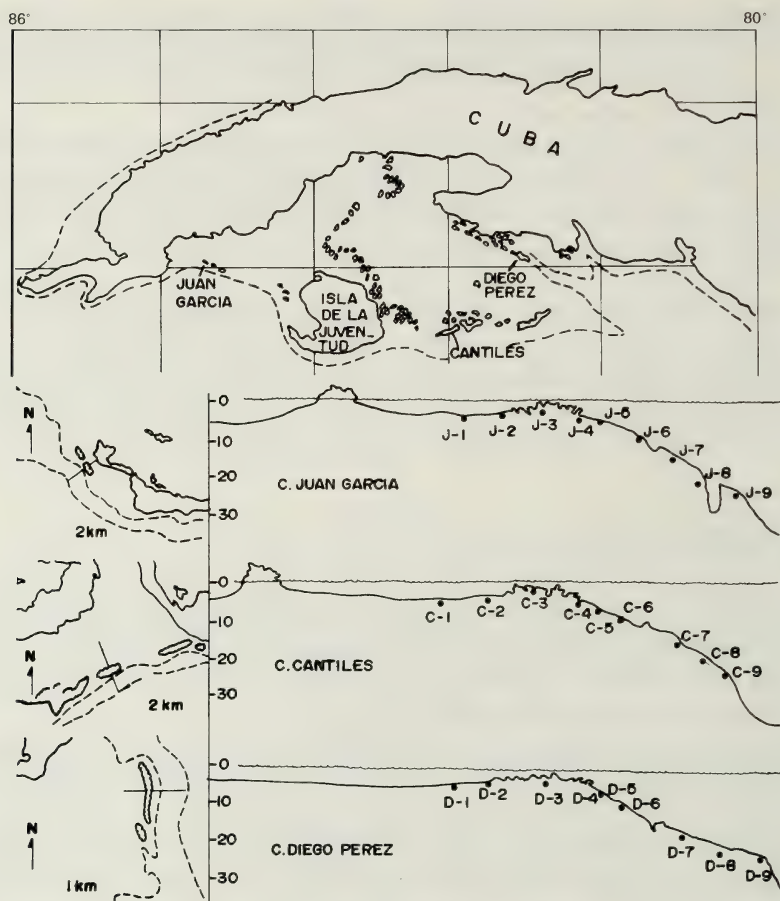


Fig. 1. Mapa de la ubicación de las estaciones en los tres arrecifes.
Fig. 1. *Map of studied reefs showing the transects and stations sampled.*

piedras coralinas que se encuentran presentes en toda su extensión (est. 1), por otra parte, en la meseta arrecifal (est. 3) se tomaron fragmentos de *Acropora palmata* muerta y la última estación de la pendiente externa se hizo en 20 m de profundidad (est. 8).

Las colectas se realizaron en febrero y julio de 1988, mediante buceo autónomo, desprendiendo con un cincel y un martillo los pedazos de las rocas coralinas que forman los camellones, los cabezos coralinos y la meseta arrecifal. En algunas localidades se tomaron las piedras coralinas dispersas en el fondo.

Se tomaron 10 muestras en cada estación, cada una de ellas con un volumen que varió entre 300 y 1200 ml, haciendo un volumen total para cada estación entre 3,4 y 9,9 l. Sobre este aspecto CLAUSADE (1970), calculó 1 dm^3 como volumen mínimo de muestreo, aunque HUTCHINGS (1978), plantea que el volumen puede variar de acuerdo a las características de cada habitat.



Fig. 2. Método para la extracción de los organismos de la criptofauna en artesas de cristal.
Fig. 2. *Method for the extraction of cryptofauna in laboratory glass containers.*

Cada muestra se colectó en sacos de tela que se sellaron inmediatamente y se llevaron al laboratorio donde a cada fragmento de roca se le desprendieron las esponjas, las ascidias y los gorgonáceos. Posteriormente cada uno de ellos se fraccionó en 4 ó 5 pedazos más pequeños, los cuales se colocaron rápidamente sobre una malla metálica de 2,5 cm de abertura dentro de artesas de cristal de 5 y 7 l de capacidad llenas de agua de mar (Fig. 2). Se midió el volumen desplazado por la piedra y se le agregó a cada artesa 40 ml de formol al 4% por cada litro de agua que contenía. A continuación se cubrieron con polietileno y se dejaron en reposo hasta el día siguiente en el que se extrajeron los pedazos rocosos y se revisaron cuidadosamente para desprender los animales aún adheridos a su superficie como algunas anémonas y poliquetos que morían antes de salir completamente de sus galerías.

Las artesas se lavaron y su contenido se pasó por un tamiz de 1 mm de abertura. Los animales se separaron y se conservaron en alcohol al 70 % con glicerina para su posterior identificación. Posteriormente a modo de comprobación se desmenuzaron los pequeños fragmentos de roca y de esta forma se obtuvieron algunos sipunculidos y bivalvos perforadores, los cuales penetran muy profundo en la piedra, del resto de los grupos no se encontró ningún animal. Este método es recomendable por su facilidad en comparación con el fraccionamiento de las piedras con cincel y martillo utilizado por la mayoría de los autores, el cual resulta en ocasiones agobiante además del daño que causa a los organismos los cuales quedan a veces indeterminables. Con respecto a los métodos de colecta y procesamiento de muestras y datos, Hutchings (1978, 1986) se ha referido a la necesidad de

estandarizar éstos con el fin de hacer comparables los resultados de diferente regiones. Los trabajos realizados hasta el momento muestran gran variedad en los métodos utilizados (PEYROT-CLAUSADE, 1974, 1979; HUTCHINGS, 1974; HUTCHINGS Y WEATE, 1977; REICHELT, 1979), por lo que es difícil establecer criterios de abundancia en los estudios cuantitativos.

Para la caracterización de cada arrecife se tomaron muestras de sedimentos para el análisis del contenido de materia orgánica por el método de GRIGG Y KIWALA (1970) y el tipo de sedimento y tamaño de la partícula (Md). Se tomaron además los valores del índice de agitación del agua (IAA), basado en el método propuesto por ALCOLADO (1981).

Los animales se separaron por grupos taxonómicos y se pesaron con el fin de obtener los valores de densidad y biomasa. Esta última se obtuvo en peso seco, después de colocar los organismos en una estufa a 80°C durante 24 horas.

Est.	Md (mm)	Tipo de sedimento	IAA	MOP
J. Garcia				
1	0,13-0,73	arena fina- arena gruesa	-	0,30-0,60
2	0,51-2,69	arena gruesa- grava media	98	0,10-0,30
3	0,48	arena media	-	—
4	0,82-2,69	arena gruesa- grava media	100	0,00-0,10
5	0,45-1,77	arena gruesa- grava fina	99	0,10
6	0,44-0,67	arena media- arena gruesa	79	0,10-0,30
7	0,39-0,86	arena media- arena gruesa	43	0,20-0,40
8	0,38-0,79	arena media-arena gruesa	5	0,46-0,40
9	0,61-1,00	arena gruesa-grava fina	4	0,10-0,40
Cantiles				
1	0,16-0,58	arena fina-arena gruesa	-	0,10-0,35
2	0,20-0,43	arena fina-arena media	4	0,00-0,30
3	0,47	arena media	-	—
4	0,26-2,53	arena media-grava fina	79	0,00-0,10
5	0,65-1,30	arena gruesa-grava fina	71	0,00
6	0,71-0,86	arena gruesa	24	0,00
7	0,44-0,78	arena media- arena gruesa	9	0,10-0,20
8	0,52-0,55	arena gruesa	4	0.30-0,35
9	0,98-1,16	arena gruesa- grava fina	-	0,30-0,50
Diego Pérez				
1	0,18-0,48	arena fina- arena gruesa	-	0,30-1,00
2	0,25-0,65	arena fina- arena gruesa	21	0,25-0,90
3	0,35	arena media	-	—
4	0,49-0,84	arena media- arena gruesa	33	0.00-0.10
5	0,40-1,08	arena media- grava fina	25	0,00-0,20
6	0,41-1,04	arena media- grava fina	17	0,10-0,20
7	0,11-0,91	arena media- arena gruesa	9	0,10-0,50
8	0,30-1,22	arena media- grava fina	1	0,20-0,45
9	0,32- 0,80	arena media- arena gruesa	-	0,20-0,50

Tabla 1. Valores del diámetro medio de la partícula (Md), el tipo de sedimento, el índice de agitación del agua (IAA) y el contenido de materia orgánica en los sedimentos (MOP).
Table 1. *Values of median diameter of the sand particle (Md), type of sediment, agitation index of water (IAA) and content of organic matter in sediment (MOP).*

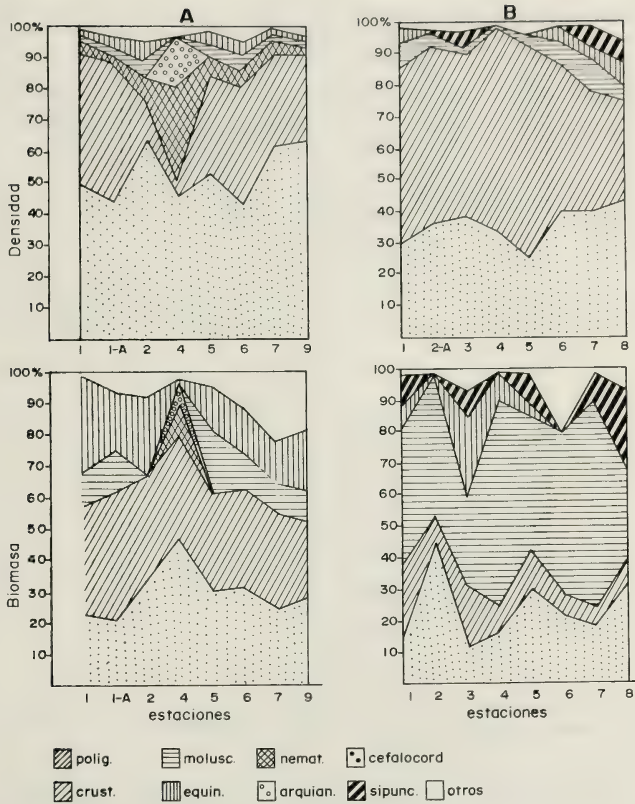


Fig. 3. Composición de la fauna vágil en el sustrato blando (A) y en el rocoso (B) a lo largo del perfil del arrecife de Juan García.

Fig. 3. *Composition of the vagile fauna in soft bottom (A) and in rocky substrate (B) along the transect in Juan García reef.*

Los valores de abundancia se ubicaron en la escala de Frontier (FRONTIER E IBÁÑEZ, 1974). Se utilizó el Indice de Asimetría (I.A.) propuesto por ARECES Y MARTÍNEZ-IGLESIAS (en este número) para establecer la equitatividad comunitaria en ambos sustratos. Las pruebas de significación se realizaron con la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney (SIEGEL, 1974).

RESULTADOS

Arrecife de Cayo Juan García

Descripción del arrecife.

El arrecife de cayo Juan García, se encuentra en el borde SW del Golfo de Batabanó, por donde sale una fuerte corriente que trae consigo las aguas enriquecidas pro-

Grupo taxonómico	Sustrato arenoso			Sustrato rocoso		
	I	II	III	I	II	III
Nemátodos	•	•	•			
Arquianélidos	•					
Escafópodos		•				
Cefalocordados	•		•			
Poliquetos	•	•	•	•	•	•
Bivalvos	•	•	•	•	•	•
Gasterópodos	•	•	•	•	•	•
Poliplacóforos	•		•	•	•	•
Sipuncúlidos	•		•	•	•	•
Picnogónidos	•	•	•	•	•	•
Ostracodos	•	•	•	•	•	•
Cumáceos	•	•	•	•	•	•
Tanaidaceos	•	•	•	•	•	•
Isopodos	•	•	•	•	•	•
Anfípodos	•	•	•	•	•	•
Braquiuros	•	•	•	•	•	•
Carideos	•	•	•	•	•	•
Anomuros	•	•	•			•
Ofiuros	•	•	•	•	•	•
Equinoideos	•	•	•	•	•	•
Holoturoideos	•	•	•			•
Peces	•	•	•	•	•	•
Actinias				•	•	•
Estomatópodos				•	•	•
Copepodos				•		•
Cefalópodos				•		•
Asteroideos						•

Tabla 2. Presencia de los grupos taxonómicos encontrados en los sustratos arenoso y rocoso en las tres zonas del perfil estudiado. I- laguna arrecifal, II- zona trasera, meseta y zona de embate, III- pendiente externa.

Table 2. *Presence of taxonomic groups founded in sandy and rocky substrates in the three zones of studied transect. I Reef lagoon, II Back reef, reef crest and high spur zone of fore reef, III Outer reef slope.*

venientes de la macrolaguna del Golfo (Popowski y Borrero, 1989 y en prensa; Fabré, 1985) (Fig. 1).

Este es un arrecife de barrera, formado en su parte superior por la laguna arrecifal, la zona trasera, la meseta y la zona de embate y en su parte inferior por la pendiente externa (Fig. 1).

Presenta en general altos índices de agitación, que traen como consecuencia gran inestabilidad en los sedimentos, los cuales presentan grandes variaciones granulométricas temporales sobre todo en las zonas más bajas del arrecife. Por otra parte el contenido de materia orgánica de los sedimentos es elevado por el aporte que recibe de la macrolaguna del golfo. La sedimentación es muy intensa y se observa hasta en las zonas más profundas (Tabla 1).

La laguna arrecifal, esta formada por un seibadal de *Thalassia testudinum* con algas verdes, entre las que se destacan *Halimeda simulans* y *Penicillus capitatus*. En el sedimento arenoso hay abundantes cascajos y piedras coralinas sobre las que se desarrolla una

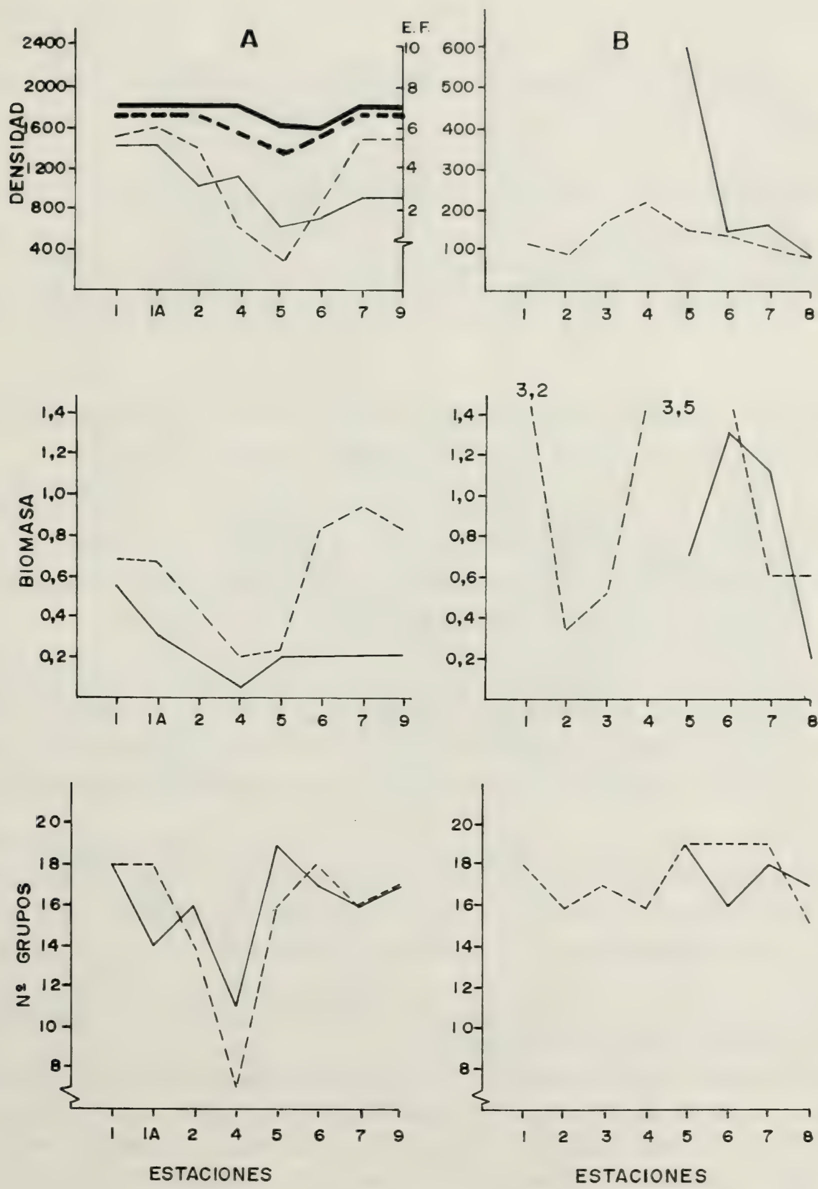


Fig. 4. Abundancia de la fauna en el sustrato blando (A) y en el rocoso (B) a lo largo del perfil del arrecife de Cayo Juan García. Las líneas contínuas (—) representan los datos del muestreo de invierno (febrero), y las discontínuas (- - -) el de verano (julio). Las líneas gruesas representan los valores de la Escala de Frontier (E.F.).

Fig. 4. *Abundance of fauna in soft bottom (A) and in rocky substrate (B) along the transect in Juan García reef. Continue line (—) represent winter sampling (february) and discontinue line (- - -) represent summer sampling (july). Gross line represent Frontier Scale values (EF).*

	J. García p	Cantiles p	D. Pérez p
invierno	0,217	0,055	0,478
verano	0,001	0,001	0,014

Tabla 3. Valores de p obtenidos con la prueba U de Mann-Whitney aplicada a los valores del Indice de Asimetría (IA) para comparar la infauna con la criptofauna. (α =0,05)
Table 3. *Values of "p" obtained with U Mann-Whitney test, aplied to Asimetric Index Values (IA) in order to compare infaune and cryptofaune abundance.*(α =0,05).

abundante fauna sésil. En la medida en que se acerca a la barrera, *Thalassia* comienza a disminuir en densidad, se acortan sus hojas y se observan dispersos *Penicillus*.

La zona trasera es un área arenosa de escasa profundidad (1-2,5 m), donde se levantan cabezos coralinos entre parches de *Thalassia* muy pobre, que alternan con arena y sustrato rocoso. Estan presentes las algas *Dyctiota dichotoma*, *Halimeda* sp. y *Amphiroa* sp.. Aunque tiene la protección de la barrera, esta zona es muy agitada, sobre todo en épocas de vientos fuertes como los "sures" y la entrada de sistemas frontales del norte.

La meseta arrecifal de cayo Juan García es pequeña, está constituída por un conglomerado macizo, aplanado, de coral muerto (*Acropora palmata*) cubierto de algas. La profundidad varía desde el centro hacia los bordes entre 0,5 y 1 m. En toda la zona hay abundantes restos de corales y masas de *Halimeda* spp. en las cavidades rocosas. Es una zona muy movida, afectada por un oleaje muy fuerte que produce intensa abrasión y sedimentación.

Hacia el exterior de la meseta arrecifal se encuentra la zona de embate, que alcanza entre 2 y 4 m de profundidad. Esta es una zona donde el sedimento arenoso alterna con parches de sustrato rocoso. Se hacen notar colonias muy grandes de *A. palmata*, cuyos pedazos muertos se encuentran distribuidos en el fondo de toda el área. La casi ausencia de gorgonáceos propios de este biotopo pone de manifiesto que la zona está expuesta a un batimiento muy severo, el cual provoca gran inestabilidad en los sedimentos, cuya capa superficial se observa en constante movimiento.

La parte inferior del arrecife comienza con una explanada abrasiva entre 4 y 7 m de profundidad, formada por un fondo llano con algas filamentosas que se encuentran cubiertas de arena. Se observan pequeñas y escasas pocetas de arena donde el sedimento alcanza poco espesor. Son abundantes los fragmentos de corales entre aislados cabezos coralinos de pequeño tamaño.

A partir de la explanada abrasiva la pendiente externa va incrementando la profundidad de forma irregular, con elevaciones y depresiones en forma de canales transversos cubiertos de arena.

En la zona de 10 m, el relieve del fondo está formado por camellones anchos y bajos, entre los que se encuentran canales de arena. El sustrato rocoso se observa cubierto de algas filamentosas y una capa muy fina de sedimento.

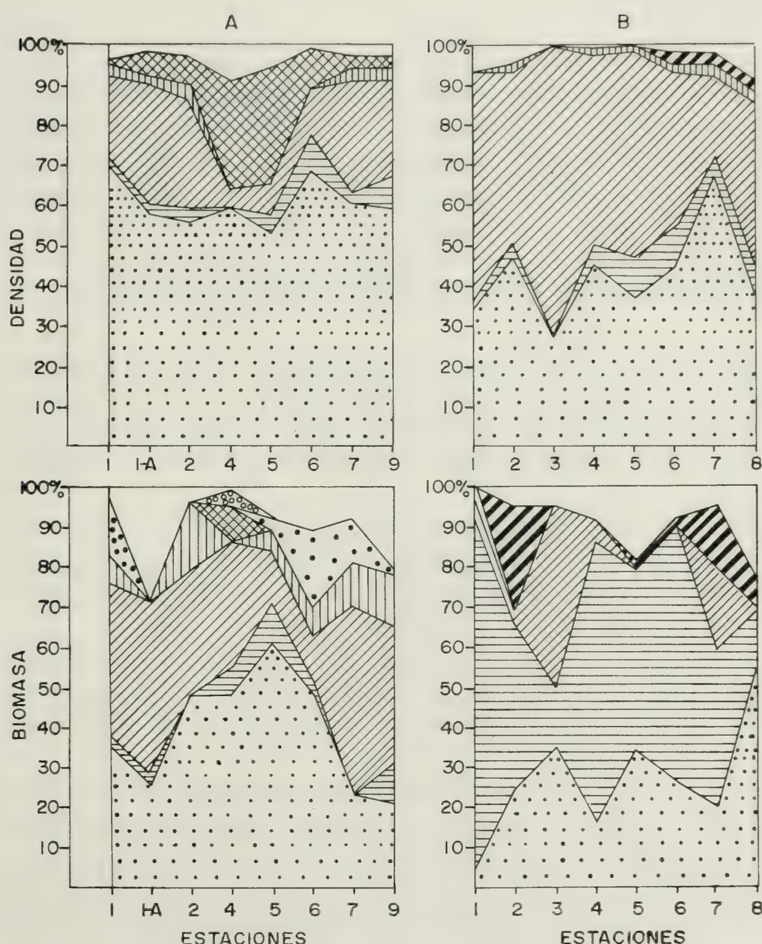


Fig. 5. Composición de la fauna vágil en el sustrato blando (A) y en el rocoso (B) a lo largo del perfil de Cayo Cantiles. La simbología es la misma que se utilizó en la Fig. 3.

Fig. 5. *Composition of vagile faune in soft bottom (A) and in rocky substrate (B) along Cayo Cantiles transect. Simbology is the same as in Fig. 3*

En 15 m, los camellones son anchos y alternan con canales de arena profundos (casi 2 m), donde se acumula ésta en una capa gruesa. La superficie rocosa aparece con una ligera y homogénea capa blanca debida a la intensa sedimentación.

La zona comprendida entre 20 y 25 m es muy semejante a la anterior, los camellones son anchos y los canales de arena profundos. La pendiente es suave, por lo que la arena se acumula en cantidades considerables en los cangilones y cubre el sustrato rocoso con una capa muy leve dándole aspecto "nevado".

Distribución de la fauna

Sustrato blando

En el sedimento arenoso de este arrecife el grupo taxonómico dominante fue el de los poliquetos. Los crustáceos codominaron en las estaciones de la laguna arrecifal y en algunas localidades de la pendiente externa. Este grupo que está bien representado en los sedimentos arrecifales sufre una fuerte disminución de su abundancia en la zona de embate, posiblemente debido a la inestabilidad de los sedimentos producida por el fuerte oleaje. Los nemátodos y arquianélidos elevaron sus densidades en la zona de embate. Estos últimos grupos deben tener mayor resistencia a la ya mencionada inestabilidad del sedimento producida por el fuerte oleaje de esta zona. (Fig. 3 A).

En biomasa en cambio ningún grupo en específico se mostró como dominante. Varios de éstos tuvieron igual aporte a la biomasa total, los cuales a su vez no coinciden en las diferentes localidades y épocas. Esto está dado por el carácter variable de éste parámetro y su relación con la talla y estructura de los animales que componen cada grupo taxonómico (Fig. 3 A).

La densidad, la biomasa y el número de grupos que componen el macrobentos en el sustrato suave tiende a disminuir paulatinamente desde la laguna arrecifal, donde se encontraron las mayores densidades hacia la zona trasera, la de embate y la explanada abrasiva exterior, a la que corresponden los menores valores (Fig. 4 A).

En la zona trasera, se comienza a sentir el efecto del océano y la disminución de la protección que brindan los seibadales a la infauna, por lo que los organismos estrechamente relacionados con el sedimento se ven muy afectados con la inestabilidad del mismo.

Esta disminución de la densidad se hace notable en la zona de embate y en la profundidad de 5 m (Fig. 4 A), donde los valores al ser ubicados en la escala de Frontier ocupan el rango menor. Es notable que la densidad fue menor en la explanada abrasiva (5 m), a pesar de que la turbulencia y el batimiento son mayores en la zona de embate, donde se alcanza el mayor índice de agitación. En este caso hay que tener en cuenta que el espesor de la capa de sedimento es mucho mayor en esta última localidad, donde hay gran acumulación de arena producida por el efecto del oleaje contra la barrera. Esto permite que los organismos puedan enterrarse más profundamente en el sedimento, cosa que no ocurre en la explanada abrasiva donde la arena está localizada en las pequeñas depresiones del sustrato rocoso.

En la laguna arrecifal, así como en las zonas más profundas del arrecife (15 y 25 m) se obtuvieron los mayores valores de densidad y biomasa, siendo siempre más altos en la época de verano (Fig. 4 A).

En la laguna arrecifal, la protección del cayo y la meseta por un lado y el desarrollo del seibadal por otro, ayudan a fomentar una infauna abundante que cuenta con suficiente materia orgánica y estabilidad en el sedimento donde se desarrolla.

En las zonas más profundas del arrecife, el índice de agitación disminuye considerablemente, lo que trae como consecuencia una mayor estabilidad en los sedimentos que propicia el establecimiento y desarrollo de la fauna del sustrato particulado.

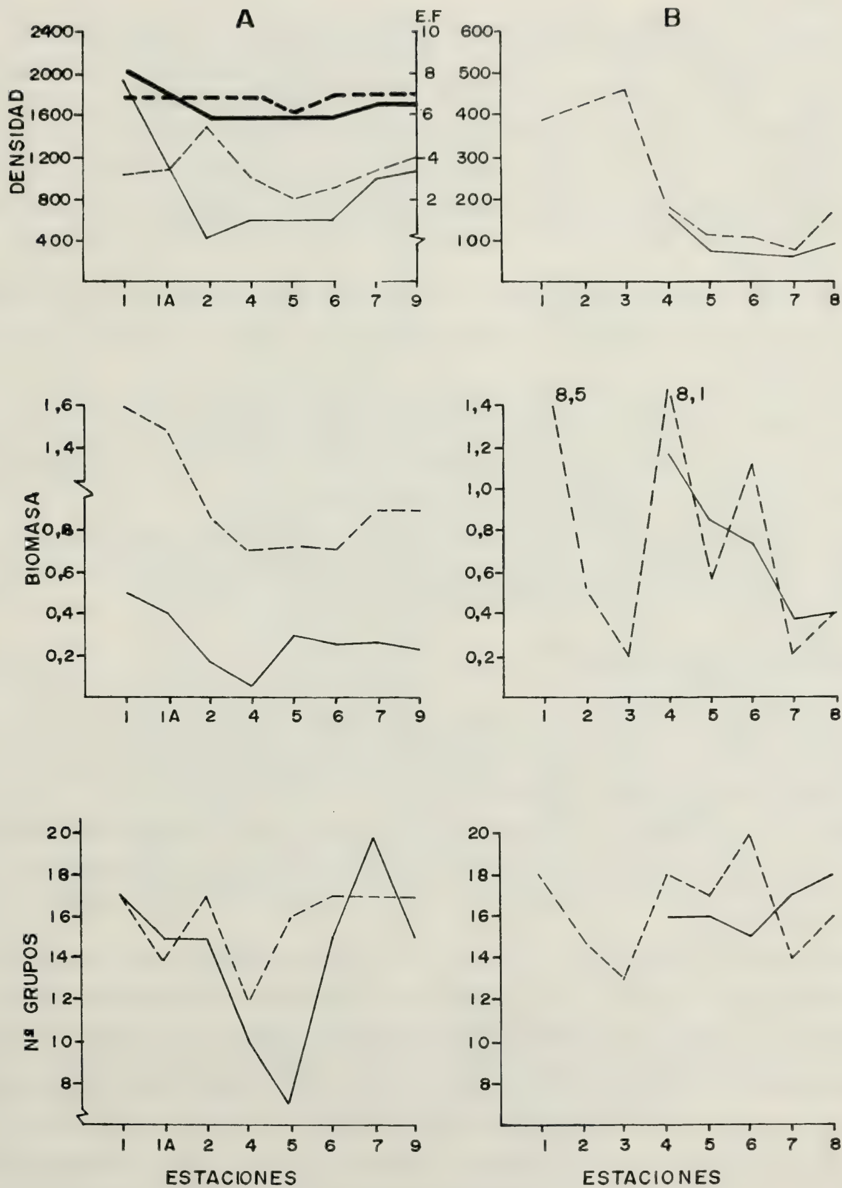


Fig. 6. Abundancia de la fauna en el sustrato blando (A) y en el rocoso (B) a lo largo del perfil de Cayo Cantiles. Se utiliza las misma simbología de la Fig. 4.

Fig. 6. *Abundance of benthic infaune in soft bottom (A) and in rocky substrate (B) along Cayo Cantiles transect. Simbology is the same as in Fig. 4.*

Sustrato rocoso.

La composición de la criptofauna presentó ligeras diferencias en comparación con la infauna del sustrato blando. Se observaron anémonas, cefalópodos y estomatópodos mientras que no se encontraron nemátodos, arquianélidos, escafópodos y cefalocordados. Los grupos presentes se mantuvieron desde las zonas bajas hasta las más profundas.

Los poliquetos y los crustáceos son los grupos codominantes numéricamente, los cuales mantienen sus abundancias con pocas variaciones a lo largo de la transección. En cuanto a la biomasa, hay dominancia entre poliquetos y moluscos o codominan ambos grupos. (Fig. 3 B).

La densidad de la fauna del sustrato rocoso, de forma opuesta a lo que sucede en el sustrato blando, presentó los mayores valores en la zona de embate, la meseta arrecifal y la explanada abrasiva (Fig. 4 B).

Este comportamiento lo vemos de forma acentuada en la estación 5 (explanada abrasiva) en febrero (Fig. 4 B). En esta época las condiciones ambientales fueron particularmente adversas y sin dudas las cavidades rocosas son un buen refugio para algunos grupos afectados por el constante lavado de los sedimentos.

La biomasa tuvo bruscas variaciones entre una estación y otra, lo que puso de manifiesto una fauna variable tanto en la talla como en la composición de los grupos. El número de grupos se mantuvo con pocas variaciones. (Fig. 4B).

Arrecife de Cayo Cantiles.

Descripción del arrecife.

El arrecife de cayo Cantiles, se encuentra al S del Golfo de Batabanó, frente al cayo que le da nombre. Su lejanía de la Isla de Cuba y de la Isla de la Juventud hace que la influencia terrígena sobre éste sea pobre (Fig. 1).

Hacia el E de Cantiles se encuentra cayo Rosario, y juntos forman una extensa laguna arrecifal separadas por la pasa Cantiles-Rosario, que la une a la macrolaguna del Golfo de Batabanó y por donde se produce un fuerte intercambio entre las aguas interiores y las del arrecife.

El arrecife es de tipo barrera, está formado en general por las mismas zonas ecológicas mencionadas en el arrecife de Juan García, con algunas diferencias en su estructura.

Presenta altos índices de agitación del agua aunque algo menores que los de Juan García, la inestabilidad del sedimento se agudiza en las zonas más bajas y externas del arrecife, lo que trae como consecuencia gran variabilidad temporal de la partícula de sedimento. Los procesos de sedimentación están presentes y la escasa influencia terrígena que recibe contribuye a que el contenido de materia orgánica de sus sedimentos sea baja.

La laguna arrecifal es muy extensa debido a la gran longitud de la barrera y a la distancia a que se encuentra ésta del cayo. Su fondo está cubierto por un seibadal de densidades pobres y medias de *T. testudinum* y tiene una profundidad media de 2,5 m. Sobre éste se observaron restos de *Strombus gigas* y piedras coralinas.

En la zona más cercana a la barrera se presentan algunos parches de arena, el seibadal se empobrece y *T. testudinum* tiene las hojas más cortas. Son abundantes los restos de corales entre la vegetación.

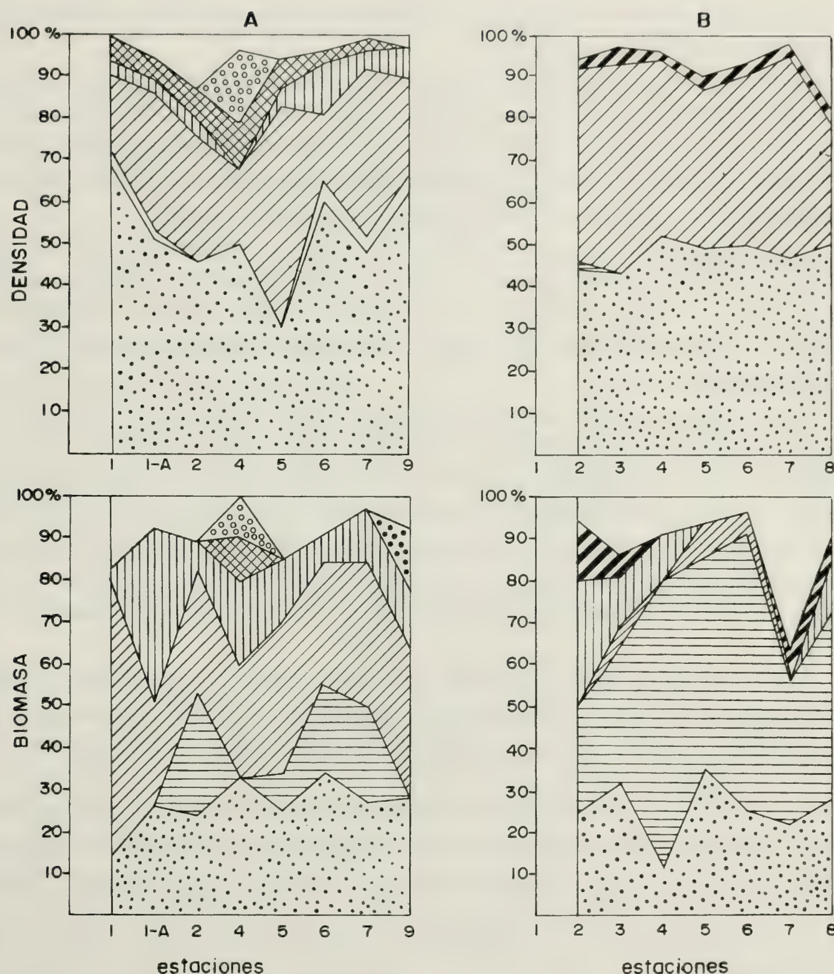


Fig. 7. Composición de la fauna vágil en el sustrato blando (A) y en el rocoso (B) a lo largo del perfil del arrecife de Diego Pérez. Se utiliza la misma simbología de la Fig. 3.

Fig. 7. *Composition of vagile faune in soft bottom (A) and in rocky substrate along Diego Perez reef transect. Simbology is the same as in Fig. 3.*

La zona trasera es un área arenosa protegida por la meseta arrecifal, donde emergen conglomerados coralinos con abundante fauna sésil y algas filamentosas. Su profundidad está entre 0,5 y 2 m. En el sustrato arenoso hay pequeños parches de *Thalassia* muy escasa y de hojas muy cortas.

La barrera arrecifal de cayo Cantiles es mucho más ancha y menos profunda que la de Juan García, su profundidad promedio está entre 0 y 0,5 m. Está formada por una explanada rocosa central de *A. palmata* muerta, la cual alcanza grandes dimensiones y buen de-

sarrollo coralino hacia las zonas de embate y la trasera. Hay una fuerte acción del océano que produce sedimentación y abrasión.

El fondo de la zona de embate está cubierto por una capa de arena que se acumula en las depresiones del sustrato rocoso. La profundidad es de 2 a 4 m *A. palmata* es abundante y se conjuga con el gorgonáceo *Gorgonia flabellum*, especie muy resistente al oleaje casi constante de esta zona. La gran actividad de sedimentación y el batimiento hacen que el fondo arenoso se esté renovando y moviendo constantemente.

A continuación de la zona de embate comienza la explanada abrasiva, la cual presenta un fondo casi horizontal, entre 4 y 7 m, con escaso relieve, que forma pequeñas depresiones donde se acumula el sedimento. Se observa cierta sedimentación que se pone de manifiesto en la leve capa blanquecina que cubre las piedras coralinas y las algas filamentosas presentes en el fondo.

En la pendiente externa, por debajo de los 7 m, las formaciones coralinas se presentan desordenadas, formando numerosos promontorios con cavidades arenosas entre ellos. En la zona de 10 m, el fondo rocoso presenta un relieve irregular, sobre el cual se levantan columnas coralinas de diversos tamaños, algo erosionadas en la base. Entre ellas hay grandes pocetas donde se deposita la arena formando una capa de gran espesor en cuya superficie es posible observar "ripple marks", lo que demuestra que todavía a esta profundidad es notable la acción del oleaje sobre el sedimento. Se observa también cierta sedimentación.

En 15 m, el fondo es similar al anterior, pero más irregular. En las pocetas del sustrato rocoso se deposita la arena en una capa gruesa y no se observaron las marcas de la acción del agua sobre la superficie del sedimento. La superficie rocosa muestra señales de sedimentación al presentar una capa blanca muy leve sobre ella.

Entre 20 y 25 m, el fondo es similar al de las estaciones anteriores, se observan entre los conglomerados coralinos depósitos de sedimento alargados, como filones o canales muy irregulares de poca longitud. En algunos de estos depósitos se observa en la superficie arenosa una fina capa amarillenta debida posiblemente a la presencia de microalgas. Se mantiene el proceso de sedimentación presente en 10 y 15 m, lo que produce eventualmente poca visibilidad.

Después de 20 m, la pendiente aumenta considerablemente hasta un canal transverso entre 30 y 40 m, donde se acumula la arena con abundantes fragmentos de *Halimeda*. Este canal se separa del arrecife profundo por una barrera rocosa en forma de cresta (umbral), que sube hasta 29-35 m, para descender luego hasta la zona batial.

Distribución de la fauna

Sustrato suave

El grupo dominante en abundancia numérica fue el de los poliquetos, (Fig.5 A). Los nemátodos presentaron mayores densidades en las zonas bajas del arrecife, desde la zona trasera hasta los 5 m de la pendiente externa y comienzan a disminuir posteriormente hasta desaparecer en 25 m. No sucedió lo mismo con los arquianélidos presentes, los cuales no tuvieron abundancias relevantes. A su vez hay una disminución de los crustáceos en las zonas de mayor batimiento (est. 4 y 5) y su posterior aumento en las zonas pro-

fundas. En biomasa dominaron los poliquetos y en ocasiones crustáceos y equinodermos (Fig. 5 A).

La densidad y la biomasa mostraron los mayores valores en julio. Ambos parámetros presentaron una tendencia a disminuir en las zonas del arrecife de mayor tensión hidrodinámica. Este comportamiento se hace más acentuado en febrero,lo que se manifiesta al ubicar los valores en la escala de Frontier y éstos ocupan el menor rango desde la zona trasera hasta la profundidad de 10 m, (Fig. 6 A). Como se explicó en la descripción del arrecife en esta última localidad se observaron "ripple marks" en la superficie de los sedimentos, lo que da una medida de que aún en esta profundidad la agitación del agua afecta el fondo.

En julio las condiciones ambientales son menos severas y la disminución se hace significativa en la explanada abrasiva (Fig. 6 A), donde a la acción del oleaje se le añade la escasa cantidad de sedimento depositado en las depresiones del sustrato.

En las zonas más profundas se observó un incremento de la fauna, tanto en abundancia numérica como en biomasa, lo que evidencia mayor estabilidad ambiental, dada por la disminución del índice de agitación y la poca variabilidad temporal de los sedimentos.

El número de grupos taxonómicos sufre una disminución notable en la zona de embate similar a la ocurrida en Juan García, aunque en éste caso el menor número de grupos se obtuvo en la explanada abrasiva (Est. 5), durante la época invernal (Fig. 6 A).

Sustrato rocoso

La composición de la fauna críptica es similar a la de Juan García. Estan presentes numerosos grupos que se mantienen a lo largo de la transección, con ligeras diferencias con la fauna de la arena.

Los poliquetos y crustáceos codominaron numéricamente, (Fig. 9). La disminución notable de este último en las zonas de embate y la explanada abrasiva no se observó en este habitat. Esto sugiere, una vez más, que las cavidades rocosas del arrecife son un buen refugio para la fauna vágil y que más que el oleaje y el batimiento la fauna está afectada por el lavado constante del sedimento y la inestabilidad en el tamaño de la partícula.

En biomasa hay codominancia de moluscos y poliquetos, aunque en algunas estaciones la biomasa total está compartida de forma similar entre los grupos presentes (Fig. 5 B).

La densidad total presentó sus valores más altos en la meseta arrecifal, desde donde comienza un descenso hacia la pendiente externa donde alcanza cierta estabilidad, (Fig. 6 B). La biomasa tuvo un carácter muy fluctuante, lo que sugiere como en los resultados obtenidos en Juan García una fauna compuesta por grupos con grandes diferencias morfológicas. Dentro de las grandes variaciones observadas se puede señalar una tendencia a disminuir en las zonas más profundas. El número de grupos también presentó variaciones (Fig. 6 B).

Arrecife de Cayo Diego Pérez

Descripción del arrecife.

El arrecife de Diego Pérez está localizado en el borde E del Golfo de Batabanó, frente al Golfo de Cazones (Fig.1).

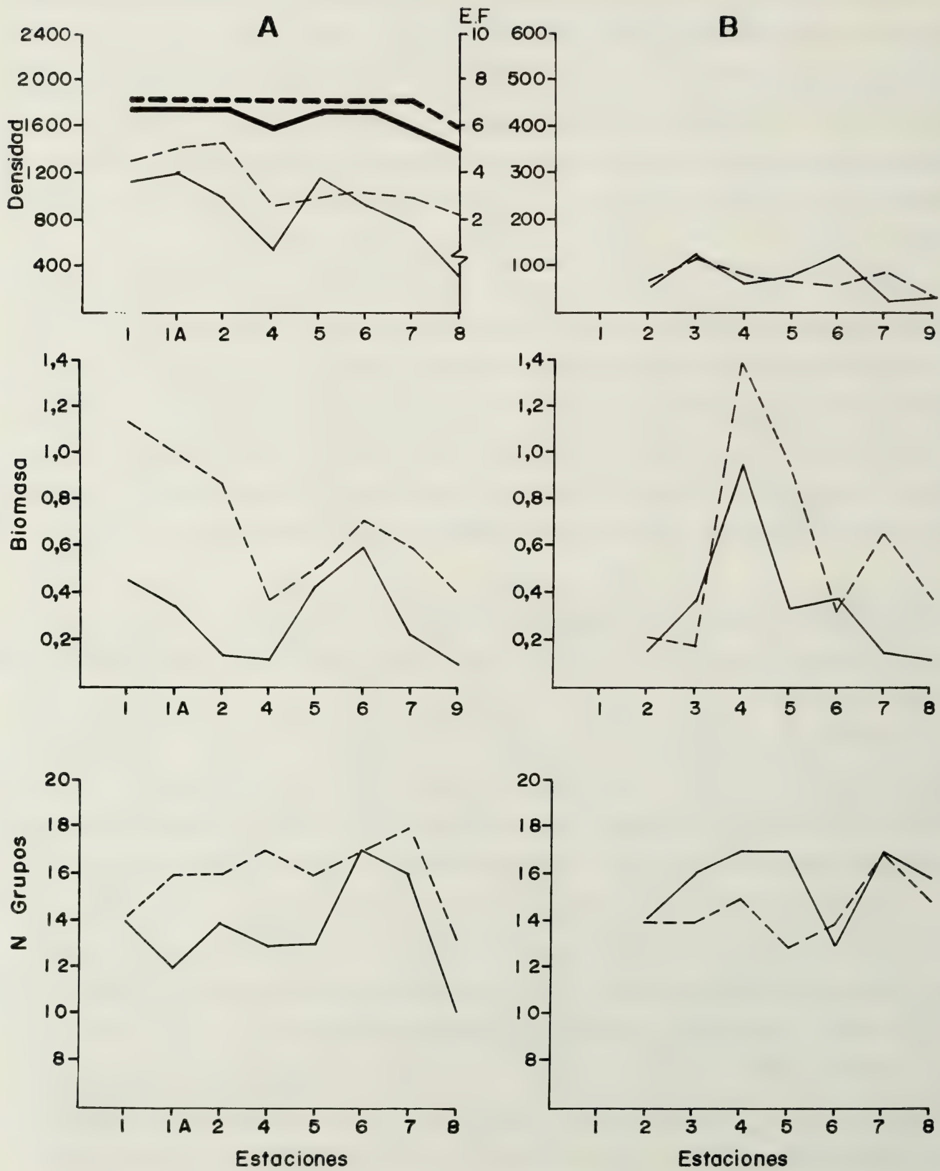


Fig. 8. Abundancia de la fauna en el sustrato blando (A) y en el rocoso (B) a lo largo del perfil del arrecife de Diego Pérez. Se utiliza la misma simbología de la Fig. 4.

Fig. 8. *Abundance of benthic infaune in soft bottom (A) and in rocky substrate (B) along Diego Perez reef transect. Simbology is the same as in Fig. 4.*

Su cercanía con la Isla de Cuba, hace que este arrecife tenga una situación más protegida que los de Juan García y Cantiles, lo que atenúa las condiciones hidrodinámicas de la zona y como consecuencia de ésto los índices de agitación del agua son menores y la estabilidad del sedimento es mayor. Por otra parte recibe una notable influencia terrígena, acentuada por las áreas de manglares y ciénagas de la Península de Zapata, lo que contribuye a los altos valores de la materia orgánica del sedimento (Tabla 1).

El arrecife de Diego Pérez es también del tipo de barrera y está compuesto por las mismas zonas descritas anteriormente.

La laguna arrecifal presenta un fondo arenoso entre 1,5 y 2 m, con densidad media de *T. testudinum*. La arena se acumula en una gruesa capa que alcanza más de 1,5 m en algunos lugares. El seibadal se empobrece en las proximidades de la barrera arrecifal, en toda su extensión aparecen restos de *S. gigas* y es notable la ausencia de piedras coralinas sueltas.

La zona trasera presenta menos de 1m de profundidad, su fondo es arenoso, con vegetación muy escasa, rodeado de cabezos coralinos irregulares y corales aislados sobre los que se desarrolla una abundante fauna sésil. La arena alcanza poco espesor sobre el fondo rocoso. Hay abundantes restos de *A. palmata* y piedras coralinas. En algunos lugares más alejados de la barrera crece *T. testudinum* en muy baja densidad y con las hojas muy cortas junto a *Penicilum* y *Halimeda*.

La barrera arrecifal de Diego Pérez es una explanada rocosa muy baja, compuesta fundamentalmente por *A. palmata* muerta, entre 0 y 0,5 m que casi alcanza el nivel de la superficie del mar en su parte central. Entre los conglomerados rocosos hay colonias coralinas aisladas y a diferencia de los arrecifes anteriores se observaron con cierta frecuencia ejemplares de *Diadema antillarum* refugiados en las oquedades de las rocas.

En la zona de embate hay un gran desarrollo de *A. palmata* y *A.cervicornis*. Los gorgonáceos son abundantes en el sustrato rocoso y entre ellos predominan las especies poco resistentes a la turbulencia, lo que presenta a esta zona con menos batimiento que las homólogas de Juan García y Cantiles. Entre los conglomerados coralinos hay deposiciones de arena con abundantes restos de corales en su superficie.

La pendiente externa presenta una explanada abrasiva a partir de la zona de embate hasta los 7-8 m. Es una pendiente muy suave, casi llana, semejante a la de los arrecifes Juan García y Cantiles pero con cabezos coralinos y conglomerados rocosos de mayor tamaño y abundancia de fauna sésil. También se observaron ejemplares de *D. antillarum* en las cavidades rocosas. La arena se encuentra en una capa más o menos delgada en grandes extensiones que se acumula en mayor cantidad en las depresiones del fondo. Hay abundantes algas filamentosas entremezcladas con el sedimento y cubriendo las piedras coralinas sueltas.

A partir de la explanada abrasiva el fondo tiene una estructura coralina compleja, muy viva e irregular que se acrecienta con la profundidad.

En 10 m, el fondo baja en una pendiente suave, donde alternan cabezos coralinos, sustrato rocoso llano , corales y pocetas de arena donde se acumulan abundantes restos de *A. cervicornis*. Se observan evidencias de gran sedimentación por el aspecto “nevado” del sustrato rocoso.

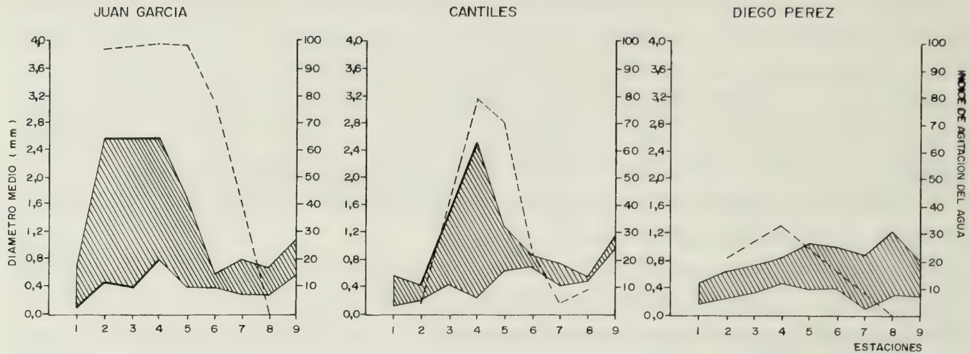


Fig. 9. Variaciones del tamaño de la partícula de sedimento (zona rayada) y curva del índice de agitación del agua IAA (línea discontínua) a lo largo del perfil de cada arrecife.
Fig. 9. *Variations in size particle of sediment (bared zone) and water agitation index ,IAA (discontinue line) along the transect of each studied reef.*

En la profundidad de 15 m, el fondo es semejante al descrito anteriormente, con mayor complejidad en el relieve rocoso, en la cobertura de algas que es muy densa y en la fauna sésil que es más rica. En las cavidades y depresiones del fondo se acumula la arena donde también hay abundancia de restos de *A. cerviornis*. La sedimentación es menos intensa que en la estación anterior.

La zona ubicada entre 20 y 25 m es una pendiente moderada, más inclinada a partir de los 20 m hasta un gran canal arenoso transverso sobre el que se elevan complicados promontorios coralinos altos, muy irregulares, con abundante fauna sésil. En este canal se observa una cresta rocosa que se eleva a 18 m y que los separa del arrecife frontal profundo. Hay surcos de arena muy irregulares y la sedimentación es más atenuada.

Distribución de la fauna

Sustrato suave

La presencia de los grupos en el sustrato arenoso es similar a todo lo largo del perfil. Los poliquetos fueron dominantes en número en la mayoría de las localidades. Los crustáceos presentaron densidades altas con las cuales en ocasiones codominaron con el grupo anterior (Fig. 7 A). Los nemátodos y arquianélidos aumentaron sus abundancias en las zonas de mayor tensión hidrodinámica aunque no con igual intensidad que en los arrecifes de Juan García y Cantiles. Por otra parte aquí no se observó la disminución de los crustáceos ocurrida en estas áreas en los arrecifes anteriores. En biomasa no se observó ningún grupo marcadamente dominante, (Fig. 7A).

Los valores de la densidad se mantienen con pocas variaciones en la parte superior del arrecife. Solo se apreció una disminución apreciable por la escala de Frontier en la zona de embate en la época invernal, (Fig. 8 A).

Los bajos índices de agitación encontrados en este arrecife traen como consecuencia condiciones ambientales menos severas, lo que proporciona a su vez mayor estabilidad en

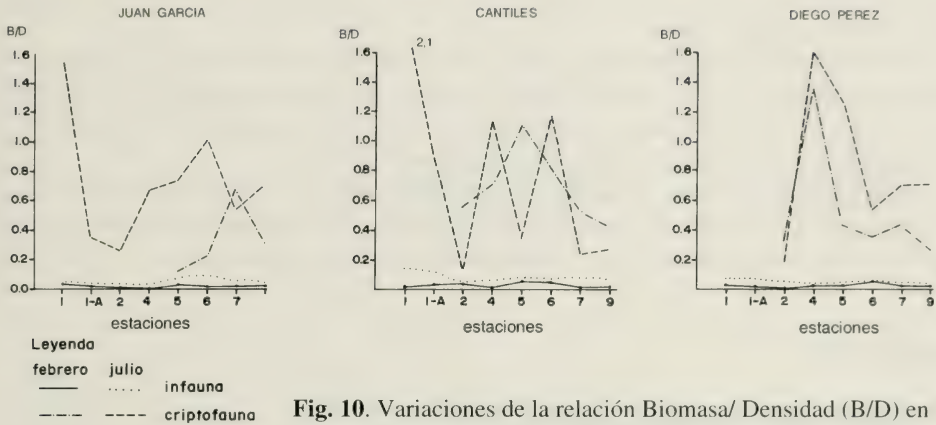


Fig. 10. Variaciones de la relación Biomasa/ Densidad (B/D) en la infauna del sustrato arenoso y en la criptofauna del sustrato rcoso.

Fig. 10. *Variations of biomass/density rate (B/D) in infaunal organisms in soft bottom and cryptic organisms in rocky substrate.*

los sedimentos, por otra parte, el aporte de aguas enriquecidas que eleva el contenido de materia orgánica en los sedimentos (Tabla 1), deben ser la causa de una mayor estabilidad en la abundancia y composición de la infauna en esta parte del arrecife.

En las zonas más profundas (est. 7 y 9), en cambio, a pesar de que el ambiente es más favorable y constante que en la zona externa y superior del arrecife, no se observó el aumento de la densidad que ocurrió en Juan García y Cantiles, sino que la misma disminuye, (Fig. 8 A). En este caso una mayor presión de depredación debe ser la principal causante de este comportamiento, ya que ni la inestabilidad del sedimento, ni el contenido de materia orgánica del mismo presentaron valores que pudieran limitar la abundancia faunística.

La biomasa tuvo una tendencia similar a la de los arrecifes anteriores hasta la profundidad de 10 m. En 15 y 25 m (est. 7 y 9), disminuyó igual que la densidad debido a la ausencia o la disminución de grupos de alto peso corporal como los moluscos y crustáceos decápodos, (Fig. 8 A).

El número de grupos también disminuyó en las localidades más profundas, no así en las zonas de mayor batimiento (Fig. 8 A).

Sustrato rocoso

Como en los arrecifes anteriores, los grupos taxonómicos presentes en el sustrato rocoso se mantienen presentes a lo largo del perfil y presentaron algunas diferencias con los encontrados en el sedimento (Fig. 7 B).

Generalmente los poliquetos codominaron con los crustáceos en densidad. En biomasa dominaron los moluscos en la mayoría de las estaciones y en ocasiones codominaron con los poliquetos (Fig. 7 B).

El número de grupos y la densidad total presentaron muy pocas variaciones, manteniendo esta última valores relativamente bajos. La biomasa por su parte, ofreció las va-

riaciones propias de este tipo de fauna ya explicada en los arrecifes anteriores, aunque menos bruscas, (Fig. 8 B).

El bajo índice de agitación del agua, aún en zonas ecológicas donde el batimiento fuerte es habitual (como la zona de embate, la meseta y la explanada abrasiva) proporciona a este arrecife cierta estabilidad ambiental. Esto trae como consecuencia la presencia de una comunidad más estable en las zonas de mayor tensión.

El débil aumento de la densidad de nemátodos por una parte y la permanencia de considerables cantidades de crustáceos en el sustrato suave sin que aumenten en el rocoso por otra, son el reflejo de la estabilidad ambiental antes mencionada.

DISCUSIÓN

Comparación de los tres arrecifes

Los tres arrecifes presentaron diferencias globales en la tensión hidrodinámica a la que están sometidos. Por otra parte su situación dentro del Golfo de Batabanó y la influencia terrígena u oceánica que reciben, hacen que la distribución de la materia orgánica en los sedimentos sea diferente en cada uno de ellos. Estos factores son de gran importancia en la distribución y abundancia de la macroinfauna.

El arrecife de Juan García recibe de la macrolaguna del Golfo una corriente de agua enriquecida (POPOWSKI Y BORRERO, 1989 y en prensa) lo que le proporciona altos valores de materia orgánica en sus sedimentos, sin embargo, se presentó como el más afectado por el embate oceánico, lo que se refleja en los altos índices de agitación del agua (Tabla 1, Fig. 9). En las zonas bajas ésto trae como consecuencia una gran inestabilidad de los sedimentos y variaciones temporales del tamaño de la partícula, las cuales son notables entre la zona trasera y los 5 m y se presentan aún en las zonas protegidas por la barrera. Estas variaciones disminuyen paulatinamente hacia las zonas más profundas (Fig. 9).

En cayo Cantiles, de forma similar pero menos acentuada, la acción aceánica también ejerce su influencia en el arrecife. En este caso su lejanía de tierra y la escasa importación de nutrientes que puede recibir de la macrolaguna del Golfo hace que los valores de materia orgánica acumulada en el sedimento sean bajos, particularmente en las zonas de menos profundidad y mayor batimiento. GÓMEZ, IBARZÁBAL Y SILVA-LEE (1980) e IBARZÁBAL (1990) localizan una extensa zona con bajas densidades de macrofauna bentónica en el norte de los cayos Cantiles y Rosario. PLANTÉ, ALCOLADO, MARTÍNEZ-IGLESIAS E IBARZÁBAL (1989), demuestran que los sedimentos de este arrecife están menos reducidos que los de Juan García y Diego Pérez y que este hecho está íntimamente ligado a la extensa zona del Golfo de Batabanó que se encuentra detrás de los cayos con muy escasa vegetación de *T. testudinum*, bajo contenido de materia orgánica y poco plancton.

Los altos índices de agitación del agua en este arrecife presentaron mayores valores en la zona de embate y la explanada abrasiva, provocando alteraciones temporales en el tamaño de la partícula semejantes a los de Juan García pero sin variar tanto en la pendiente externa (Fig. 9).

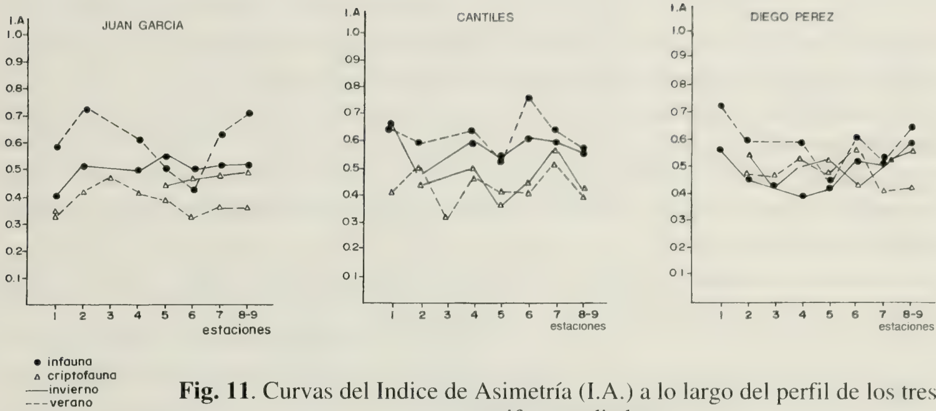


Fig. 11. Curvas del Indice de Asimetría (I.A.) a lo largo del perfil de los tres arrecifes estudiados.

Fig. 11. *Asimetric Index curves (IA) along the transect of each studied reef.*

La situación más protegida que presentó el arrecife de Diego Pérez y su cercanía a las costas cenagosas de la Península de Zapata hace que esté menos afectado por la tensión hidrodinámica y que presente un contenido de materia orgánica relativamente alto en sus sedimentos. PLANTÉ *ET AL.* (1989), presentan al arrecife de Diego Pérez como el más reducido de los tres estudiados, cuyo estado de oxidación está determinado por la importación de materia orgánica y las condiciones hidrodinámicas y sedimentológicas de la zona. Los índices de agitación del agua son los menores de los tres arrecifes y el tamaño de la partícula se mantiene a lo largo del perfil sin los grandes cambios observados en las zonas agitadas de Juan García y Cantiles (Fig. 9).

Según MARTÍNEZ-ESTALELLA Y HERRERa (inédito), los arrecifes de Juan García y Cantiles están sometidos a una mayor tensión y eso se demuestra en los valores de la diversidad, la equitatividad y la densidad de corales escleractíneos obtenidas. Estos autores opinan que la poca favorabilidad ambiental señalada puede estar determinada por el elevado grado de tensión hidrodinámica y la escasa inclinación del fondo marino que lleva como resultado la adsorción de gran cantidad de energía del oleaje produciendo condiciones ambientales severas como abrasión y sedimentación. En el arrecife de Diego Pérez este efecto disminuye debido a la inclinación del fondo marino.

Grupos taxonómicos y abundancia faunística

Los grupos taxonómicos encontrados en los tres arrecifes son muy similares dentro de cada habitat, con algunas diferencias entre la fauna del sustrato blando y la del rocoso. (Tabla 2).

En el sustrato particulado son dominantes los poliquetos y los crustáceos, entre los que se destacan anfípodos e isópodos. THOMASSIN (1969) encontró resultados similares en la fauna presente en las arenas coralinas arrecifales de Tulear, la cual está compuesta por 34 % de poliquetos, 28 % de crustáceos, 28 % de moluscos y 5 % de equinodermos y en-

tre los crustáceos dominan los anfípodos con 58 % del total. Por su parte YOUNG Y YOUNG (1982), estudiaron la comunidad de invertebrados bentónicos de los sedimentos de la laguna arrecifal de Carrie Bow, Belize y encontraron que los poliquetos y los moluscos son los principales componentes de la macrofauna de ese lugar (51 %).

Es notable que la disminución ocurrida en el número de grupos presentes en la zona de embate de los arrecifes de Juan García y Cantiles, no se apreció en Diego Pérez, como se mostró en la Figs. 4, 6 y 8. Esto es atribuible a que la tensión hidrodinámica atenuada de éste último no afecta de igual forma a las especies que son sensibles al batimiento y la inestabilidad del sedimento.

En general, los trabajos donde se evalúa la abundancia de la fauna vágil en el sustrato particulado de los arrecifes no son abundantes por la complejidad de la toma de muestras entre otros aspectos. THOMASSIN (1973), ofrece datos sobre la distribución y composición de la fauna del arrecife de Tulear en sus zonas internas, este autor encontró densidades muy variables (9-250 ind/50 dm^3) en la duna sumergida de arena y (103-283 ind/50 dm^3) en la parte más interna del arrecife, cercana a tierra. En el arrecife de Punta del Este, situado también en la plataforma SW, IBARZÁBAL (1985) encontró una fauna muy variada y abundante en los sedimentos de las zonas interiores, más bajas y protegidas del arrecife, la cual se empobrece a partir de la zona de embate hacia la pendiente externa.

En cuanto a la densidad y biomasa de los arrecifes estudiados, éstas mostraron tendencias parecidas, aunque con particularidades propias de las condiciones ambientales de cada uno de ellos. Como tendencia se observó una disminución de la abundancia en el sedimento arenoso en las zonas superiores del arrecife, que se mantiene en el transepto con mayor notoriedad en Juan García y Cantiles por ser los más expuestos. Esta disminución se hizo notable en Diego Pérez solo en la zona de embate en la época invernal, cuando los vientos del E-NE fueron muy fuertes. Este comportamiento de la infauna y la uniformidad de la distribución de la criptofauna a través del arrecife hace pensar que el efecto del batimiento y por tanto del lavado del sedimento no es tan crítico en este arrecife.

Sin embargo ALLEN Y MOORE (1987), demostraron que los grupos faunísticos y sus datos de presencia o ausencia reflejan de forma más real los niveles de tolerancia a la inestabilidad del sedimento que los datos de abundancia faunística. Por otra parte, ningún grupo es característico de sedimentos inestables solamente. En general, estos autores concluyen que, los animales sedentarios y tubícolas dominan en lugares estables y los errantes en localidades expuestas e inestables.

El aumento de la abundancia en las zonas profundas de los arrecifes de cayo Juan García y Cantiles, producida por una mayor estabilidad del sedimento, la disminución de la tensión hidrodinámica y el aumento del contenido de la materia orgánica, no se observó en Diego Pérez. En este caso los efectos de la depredación parecen prevalecer sobre este aumento. La densidad de peces bentófagos en estas localidades tuvo valores superiores en Diego Pérez (0.68-0.86 ind/m^2) que en Juan García (0.36-0.60 ind/m^2) y Cantiles (0.35-0.48 ind/m^2), (GARCÍA-ARTEAGA, com. pers.). De hecho, los bajos valores en la densidad y la biomasa total de la fauna en las estaciones de 15 y 25 m (est. 7 y 9), están dadas mayormente por la disminución de éstas en grupos como los poliquetos,

moluscos y crustáceos, los cuales son el alimento principal de las familias de peces bentófagos presentes en mayor abundancia en estos arrecifes.

YOUNG Y YOUNG (1982), plantean que el principal mecanismo que regula la densidad y diversidad de las especies del macrobentos arrecifal es la depredacion constante a que está sometida. Estos autores encontraron altas densidades de macrobentos, (12,167-16,750 ind/m^2) sin diferencias significativas entre fondos de seibadal y los de arena coralina sin vegetación cercanos a la barrera, por lo que consideran la función estabilizadora de *T. testudinum* en un segundo plano como factor influyente en la abundancia de la infauna.

En Diego Pérez, sin embargo la disminución de la densidad en el sustrato blando no es notable excepto en la zona de embate y la abundancia de la criptofauna presentó una uniformidad a través del arrecife que hace pensar que aquí el efecto del batimiento y por lo tanto del lavado del sedimento no es tan crítico.

HUTCHINGS Y WEATE (1977), plantean que el mayor componente de la criptofauna lo constituyen especies oportunistas que utilizan las cavidades de las rocas a su conveniencia. Las condiciones ambientales severas a que están expuestas las zonas superiores del arrecife conducen a que los animales busquen refugio, a veces eventuales, en el sustrato rocoso.

Otro factor que influye en la abundancia de la criptofauna es la naturaleza de la piedra colonizada. HUTCHINGS (1974 y 1978) y HUTCHINGS Y WEATE (1977), plantean que los fragmentos porosos y aplanados de coral constituyen el sustrato que soporta la mayor biomasa de criptofauna. Las piedras colectadas en la zona trasera, la de embate y la meseta arrecifal fueron fragmentos de *A. palmata* muerta, con características similares a las mencionadas anteriormente, lo que justifica desde otro punto de vista las mayores abundancias en estas zonas.

La ausencia de trabajos sobre la criptofauna en Cuba, no permitió establecer criterios reales de pobreza o riqueza con los resultados obtenidos en estos arrecifes. Por otra parte los estudios realizados en otros lugares presentan grandes diferencias en los métodos utilizados, por lo que resulta difícil una comparación.

La mayoría de los autores limitan sus trabajos al grupo de los poliquetos, por ser el más representativo y abundante entre los invertebrados que componen la fauna críptica. Tomando algunos de estos datos, obtenidos con métodos semejantes a los nuestros como son los de BRANDER *ET AL.* (1971) en las costas de Kenya (9.49 ± 4.62 ind/l) y en el Océano Indico (7.45 ± 5.25 ind/l) y los de Reichelt (1979) en la gran barrera de coral de Australia (28 ind/l en la grava coralina debajo de los corales muertos y 683 ind/l en la piedra calcárea) podemos hacer algunas comparaciones con las densidades de poliquetos obtenidas en los arrecifes estudiados; (32,2-127,5 ind/l) en Juan García, (29,8-136,4 ind/l) en Cantiles y (19,7-45,5 ind/l) en Diego Pérez y concluir que las abundancias encontradas por nosotros son moderadas.

Relación entre la biomasa y la densidad

Por otra parte, resulta imposible la comparación entre las abundancias de la fauna de los dos sustratos estudiados, ya que las unidades de muestreo son diferentes,(ind/m^2 en el sustrato particulado e ind/l en el rocoso). Sin embargo, en la razón de la biomasa con la den-

sidad (B/D), hallada para cada tipo de fauna, se obtuvo una serie de valores que pueden reflejar en cierta medida la importancia de cada una de ellas en el biotopo arrecifal.

Las diferencias en la composición faunística presente en los dos sustratos se puso de manifiesto con valores muy altos y variables en el caso de la criptofauna, como producto de una fauna de gran variabilidad morfológica, mayor tamaño y peso corporal, la cual cambia de composición de una localidad a otra ya que tiene a su disposición espacios pequeños y grandes donde refugiarse (Fig. 10).

Esto no sucede con la fauna del sedimento, que debe estar compuesta por especies de tamaño pequeño y uniforme para ocupar los espacios intersticiales entre los granos de arena y moverse a través de la capa de sedimento.

Se debe resaltar que estas fluctuaciones de la fauna críptica en el arrecife de Diego Pérez adquieren un comportamiento casi paralelo a lo largo del perfil entre las dos épocas del año muestreadas, lo que sugiere mayor estabilidad en la criptofauna de este arrecife, la cual debe estar compuesta mayormente por especies propias de las cavidades rocosas y en menor grado por las eventuales. Esto indirectamente es el resultado de la menor tensión a la que está expuesto este arrecife, cuyo sustrato rocoso no recibe en el mismo grado que Juan García y Cantiles las especies de la arena sensibles al batimiento.

Equitatividad de la comunidad vágil arrecifal

El Indice de Asimetría refleja la equitatividad comunitaria, sus valores van de 0 (distribución equitativa) a 1 (máxima asimetría).

En invierno la equitatividad se presenta de forma moderada, con muy pocas diferencias entre la fauna del sustrato suave y el rocoso (Fig. 11), lo que es una manifestación en cierta medida de la estrecha relación que existe entre ellas sobre todo en esta época.

En verano, aunque el comportamiento de ambas curvas es muy similar, hay mayores diferencias entre los dos tipos de faunas y la asimetría alcanza sus valores más elevados en la infauna de la arena (Fig. 11).

En la Tabla 5 se observan los valores de p obtenidos con la prueba U de Mann-Whitney aplicada a los valores del I.A. en los dos tipos de fauna estudiados. En invierno no se observó diferencia significativa entre ambas, mientras que en verano sí. La estrecha relación entre los animales infaunales con el tipo de sedimento y la estabilidad del tamaño de la partícula se pone de manifiesto. En invierno el fuerte batimiento pone en movimiento la capa superficial de arena y homogeniza de esta forma el sedimento, eliminando las fracciones más pequeñas y con ella la parte de la fauna más pequeña y delicada, a la vez que se mezclan los dos tipos de faunas. En estas localidades hay dominancias de especies intersticiales de arquianélidos, nemátodos y el poliqueto *Armandia maculata* el cual es propio de arenas gruesas y lavadas (Pettibone, 1982). En verano las condiciones ambientales más benévolas, producen mayor estabilidad y particularidad en el establecimiento de las comunidades.

Dean y Conell (1987) plantean que la complejidad estructural del habitat conlleva al aumento de la riqueza de especies y de la abundancia. Areces y Martinez-Iglesias (en este número) en un trabajo sobre la fauna bentónica asociada a algas, encontraron que al

aumentar la complejidad estructural de las algas (algas de mayor tamaño) el índice de asimetría era menor y aumentaba la equitatividad.

En el caso de los sustratos rocoso y arenoso, el primero de ellos presenta mayor diversidad de hábitats donde la fauna encuentra tanto cavidades grandes como pequeñas para refugiarse, esto conlleva, según lo planteado anteriormente por estos autores, a que la comunidad de la criptofauna sea más equitativa y los valores de sus índices de asimetría sean menores que los de la infauna, como sucede en este caso en ambas épocas del año (Fig. 11).

CONCLUSIONES

La situación geográfica que ocupa cada uno de los arrecifes estudiados determina las diferencias en las condiciones ambientales a que están sometidos y que son las responsables de las variaciones cualitativas y cuantitativas de la fauna vágil.

Los arrecifes de Juan García y Cantiles, al estar situados en el borde SW y S de la plataforma, reciben con mayor intensidad el efecto del oleaje oceánico y de los vientos del sur, provocando gran afectación sobre todo en las zonas superiores del arrecife. El arrecife de Diego Pérez al ocupar una posición SE en el Golfo de Batabanó y estar cerca de la isla de Cuba, recibe la protección y el aporte terrígeno de la Ciénaga de Zapata, a su vez la forma estrecha y alargada del Golfo de Cazones no ejerce una acción oceánica tan fuerte como a la que están sometidos los dos arrecifes anteriores (menor "fetch" del viento).

La gran intensidad de la agitación del agua presentes en Juan García y Cantiles trae como consecuencia la inestabilidad del sedimento, el cual afecta directamente la fauna del sustrato particulado sobre todo en los lugares de mayor embate. A ésto se le agrega en Cantiles el escaso contenido de materia orgánica en estas zonas y la pobre reducción de los sedimentos, lo que hace que la fauna presente valores bajos de densidad en un área extensa del perfil. En Diego Pérez, donde los índices de agitación son menores la fauna presentó mayor estabilidad tanto en el sustrato blando como en el rocoso.

Las zonas más profundas de los arrecifes de Juan García y Cantiles mostraron un aumento de la abundancia faunística al aumentar la estabilidad del sedimento y el contenido de materia orgánica, no sucedió así en Diego Pérez donde parece prevalecer un efecto de depredación.

Los valores de la biomasa siempre fueron mayores en julio, lo que indica un mayor tamaño de los organismos colectados en esta época. Por otra parte, a la criptofauna pertenecen especies de variado tamaño y composición morfológica pero predominando los animales de tamaño considerable, en cambio en el sustrato arenoso encontramos especies pequeñas y con pocas variaciones.

En el sustrato rocoso la fauna presente tuvo cierta dependencia de la fauna del sedimento sobre todo en las zonas de mayor batimiento de los arrecifes de mayor tensión hidrodinámica. En estos lugares varios grupos de la infauna buscaron refugio en las cavidades rocosas elevándose de esta forma la abundancia numérica de la criptofauna de estas localidades.

BIBLIOGRAFÍA

Alcolado, P. M. 1979. Estructura ecológica de las comunidades de esponjas de un perfil costero de Cuba. *Cien. Biol.*, 3:105-127.

Alcolado, P. M. 1981. Zonación de los gorgonaceos someros de Cuba y su posible uso como indicadores comparativos de tensión hidrodinámica sobre los organismos del bentos. *Inf. Cient. Tec.*, 187:1-43.

Alcolado, P. M. 1985. Estructura ecológica de las comunidades de esponjas de Punta del Este, Cuba. *Rep. Invest. Inst. Oceanol.*, 38:1-65.

Alcolado, P. M. 1989. Estructura ecológica de las comunidades de esponjas del arrecife del Rincón de Guanabo, Cuba. *Rep. Invest. Inst. Oceanol.*, 10:1-38.

Alcolado, P. M. y Cortés R. 1987. Características de la fauna de gasterópodos de los biotopos de Punta del Este, Isla de la Juventud, Cuba. *Rep. Invest. Inst. Oceanol.*, 57: 1-12.

Allen, P .L. y Moore, J. J. 1987. Invertebrate macrofauna as potential indicators of sandy beach instability. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 24: 109-125.

Areces, A. y Martínez-Iglesias, J.C. (en este número). Dinámica, estacionalidad y efectos de la epifauna colonizadora sobre el cultivo de la rodoficea Briothamnion triquetum (Gmelin) Howe. *Avicennia*, 0: 43-59.

Brander, K.M., Mc Leod, A.A. y Humphreys, W.F. 1971. Comparision of species diversity and ecology of reef living invertebrates on Aldabara Atoll and Watamu, Kenya. *Symp. Zool. Soc. Lond.*, 28:397-431.

Clausade, M. 1970. Importance et variation du peuplement mobile des cavités au sein des formation epirecifales et modalités d'echantillonage en vue de son evaluation. *Rec. Trav. St. Mar. Endoume, Suppl. Hors Serie*, 10:107-109.

Dean, P. L. y Conell, J. H. 1987. Marine invertebrates in algal sucession II. Test of hypotheses to explain changes in diversity with sucession. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 109: 217-247.

Fabré, S. 1985. *Zooplancton de la plataforma cubana.* Ph. Dr. Tesis. Universidad de Odesa, URSS. 138 pp.

Frontier, S. e Ibañez, F. 1974. Utilization d'une cotation d'abundance fonde sur une progression geometrique pour l'analyse des components principeles en ecologie planctonique. *Jour. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 14(3):217-274.

Gómez, O., Ibarzábal, D. y Silva-Lee, A. 1980. Evaluación cuantitativa del bentos en la región suroccidental de Cuba. *Inf. Cient. Tec. Acad. Cien. Cuba*, 149:1-25.

Grigg, R.W. y Kiwala, R.S. 1970. Some ecological effectof discharged wastes on marine life. *California Fish Game*, 56(3):145-155.

Herrera, A. y Alcolado, P. M. 1986. Estructura ecológica de las comunidades de gorgonáceos en el arrecife de Santa Cruz del Norte. *Rep. Invest. Inst. Oceanol.*, 49:1-27.

Herrera, A. y Alcolado, P. M. en prensa. Estructura ecológica de las comunidades de gorgonáceos en el arrecife de barrera del Rincón de Guanabo. *Rep. Invest. Inst. Oceanol.*

Hutchings, P. A. 1974. A preliminary report on the density and distribution of invertebrates living on coral reefs. En: *Proc. Second Int. Coral Reef Symp. Brisbane, Great Barrier Reef Commitee*, 2:285-296.

Hutchings, P. A. 1978. Non-colonial cryptofauna. En: *D.R. Stoddart and R.E. Johanner (Ed.) Coral Reefs: Research Methods*, 251-263 pp.

Hutchings, P. A. 1986. Cryptofaunal communities of coral reefs. *Acta Oceanologica SINICA*, 5(4):603-613.

Hutchings, P. A. y Weate, P.B. 1977. Distribution and abundance of cryptofauna from Lysard Island, Great Barrier Reef. *Mar. Res. Indonesia*, 17:99-112.

Ibarzábal, D. 1985. Distribución de los poliquetos bentónicos en el área de Punta del Este, Isla de la Juventud, Cuba. *Rep. Invest. Inst. Oceanol.*, 33:1-31.

Ibarzábal, D. 1987. Mejoras en el muestreo de macrobentos con el tubo de succión. *Rep. Invest. Inst. Oceanol.*, 67:1-7.

Ibarzábal, D. 1990. Características de la macroinfauna en el Golfo de Batabanó. En: *El bentos de la macrolaguna del Golfo de Batabanó*. P. Alcolado (Ed.) Editorial Academia, pp. 113-121.

Ibarzábal, D. en prensa. Características generales de la macrofauna del sustrato blando en tres arrecifes del Golfo de Batabanó, plataforma suroccidental de Cuba. En: *Memorias del Primer Congreso de Ciencias del Ma*r, Inst. Oceanol. Acad. Cien. Cuba.

Martínez-Estalella, N. 1983. Representantes mas comunes de la flora y la fauna en la comunidad coralina cubana. *Poeyana*, 265:1-31.

Pettibone, M. 1982. Annelida. En: *S.B. Parker, ed., Synopsis and Classification of Living Organisms.* New York, Mc Graw Hill 2:1-43.

Peyrot-Clausade, M. 1974. Ecological study of coral reef cryptobiotic communities. An analysis of the polychaete cryptofauna. En: *Proc. Sec. Inter. Symp. Coral Reef. Brisbane Great Barrrier Reef Comitee,* vol. 2, 269-283 pp.

Peyrot-Clausade, M. 1979. Contribution a l'etude de la cryptofaune des platiers coralliens de la region de Tulear, Madagascar. *Annuarie de l'Institut Oceanographie de Paris*, 55:71-91.

Planté, R., Alcolado, P.M., Martínez-Iglesias, J.C. e Ibarzábal, D. 1989. Redox potential in water and sediments of the reef of Batabanó, Cuba. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 28:173-184.

Popowski, G. y Borrero N. 1989. La materia orgánica en suspensión en el Golfo de Batabanó, Cuba. *Rep. Invest. Inst. Oceanol.*, 11, 16 pp.

Popowski, G. y Borrero N. en prensa . Utilización de fijadores en flagelados y su aporte a la concentración del fitoplancton en el Golfo de Batabanó. *Rep. Invest. Inst. Oceanol. Acad. Cien. Cuba.*
Reichelt, R. 1979. Infaunal polychaetes of reef crest habitats at Heron Island, Geat Barrier Reef. *Micronesica*, 15(1-2):297-308.
Siegel, S. 1974. *Estadística No Parámetrica. Aplicada a las ciencias de la conducta.* Editorial Trillas, México, 216 pp.
Thomassin, B. A. 1969.Peuplements de deux biotopes de sables coralliens sur le Grand Récif de Tulear, Sud Ouest de Madagascar. *Rec. Trav. Stn. Mar. Endoume Suppl. Hors Serie*, 9: 59-133.
Thomassin, B. A. 1973. Peuplements des sables fins sur les pentes internes des récifs coralliens de Tulear (SW de Madagascar) Essai d'interpretation dynamique de peuplements de sables mobiles infralittoraux dans une complexe récifal soumis ou non aux influences terrigens. *Thethys*, 5: 157-220.
Thomassin, B.A. 1978. Soft bottom communities. En: *D.R. Stoddart y R.E. Johannes Eds. Coral Reef Research Methods.* 263-298 pp.
Valdés-Muñoz, E. 1981. Estructura y diversidad de la ictiofauna de los manglares de Punta del Este, Isla de la Juventud. *Cien. Biol.*, 6: 111-125.
Young, D. K. y Young, M. W. 1982. Macrobenthic invertebrates in bare sand and seagrass (Thalassia testudinum) at Carrie Bow Cay, Belize. En: *The Atlantic Barrier Reef Ecosystem at Carrie Bow Cay, Belize, I Structure and Communities.* K. Rutzler and I.G. McIntyre, Eds. Smith. Contr. Mar. Sci. 12: 115-126.
Zlatarski, V.N. y Martinez-Estalella, N. 1981. *Escleractíneos de Cuba.* Edit. Acad. Cien. Bulgaria, 312 pp.

Avicennia

NORMAS DE PUBLICACIÓN

La revista *Avicennia* publica artículos científicos, notas breves y monografías, sobre cualquier tema relacionado con la oceanografía, biología, ecología, geología, física, química y farmacología tropical.

Se entiende por artículo un trabajo de investigación de más de 5 páginas de texto, mecanografiadas, incluidas láminas, gráficos y tablas. Las notas son trabajos de menor extensión. Las monografías son trabajos sobre un tema único, de extensión superior a las 40 páginas de la revista y que serán publicadas en un número único de la misma.

Los artículos, notas y monografías deberán ser originales e inéditos y deberán presentarse mecanografiadas en papel DIN A-4, por una sola cara a doble espacio, con tres centímetros de margen por cada lado. Los trabajos se entregarán por triplicado (original y dos copias), acompañados por una versión en disco de ordenador, utilizando los procesadores de texto WordPerfect y MsWord en sus versiones de PC o Macintosh. Los artículos deben ir precedidos de un título en castellano e inglés. A continuación figurarán el nombre y apellidos del autor o autores, direcciones detalladas de los mismos, y un resumen en ambos idiomas. Cada artículo debe constar siempre que sea posible de introducción, material y métodos, resultados, discusión y conclusiones, junto con un apartado de agradecimientos y bibliografía. Pueden unirse los apartados de resultados y discusión o discusión y conclusiones. El texto del trabajo podrá estar redactado en inglés o castellano. Deben evitarse notas a pie de página y ningún título se escribirá por completo en mayúsculas. Las notas breves se pueden presentar de la misma forma pero sin resumen.

Cada subscriptor tendrá derecho a la publicación gratuita de 20 páginas mecanografiadas, incluyendo ilustraciones, gráficas o tablas. El exceso deberá ser abonado a precio de coste. Los no subscriptores que deseen publicar en la revista deberán abonar el importe completo del mismo.

Las referencias bibliográficas irán en el texto con minúsculas o versalitas: FRETTER Y GRAHAM (1962) o (FRETTER Y GRAHAM, 1962). Si son más de dos autores se deberán citar todos la primera vez que aparecen en el texto (SMITH, JONES Y BROWN, 1970) y Smith *et al.*, 1970 las siguientes. Si un autor ha publicado más de un trabajo en un año se citarán con letras: (DAVIS, 1989a; DAVIS, 1989b).

Al final del trabajo se confeccionará la lista bibliográfica con todas las citas del texto, en orden alfabético, en letras minúsculas o versalitas y seguidas del año de publicación, por ejemplo:

BARLOW, G. M. 1974. Contracts in social behaviour between Central American ciclid fishes and coral reef surgeon fishes. *Am. Zool.*, 14 (3): 9-34.

HARTMAN, O. 1968. *Atlas of errantiate polychaetous annelids from California*. Allan Hancock Foundation, University of Southern California, Los Angeles, 828 pp.

JONES, N. S. 1971. Diving. En: *Methods for the study of marine benthos*. N. A. Holme y A. D. McIntyre (eds.). IPB Handbook, No. 6, pp. 71-79.

VIVIEN, M. L. Y PEYROT-CLAUSADE, M. 1974. Comparative study of the feeding behaviour of three coral reef fishes (Holocentridae), with special reference to the Polychaeta of the reef cryptofauna as prey. En: *Proc. Second Int. Coral Reef Symp.* Brisbane, Great Barrier Committe, vol 2, pp. 179-192.

Las gráficas e ilustraciones deben ser originales y presentarse sobre papel vegetal o similar, con tinta china negra y ajustado al formato de caja de la revista (180 x 125 mm) o proporcional a éste. Las fotografías deberán ser bien contrastadas y sin retocar, en el mismo formato que los dibujos. Las escalas de dibujos y fotografías deben ser gráficas y en el sistema métrico decimal. Los pies de figuras y los títulos de las tablas deberán estar redactados en castellano e inglés. Solo los nombres en latín y los taxones genéricos y específicos deben llevar subrayado o ir en cursivas.

Los artículos que no se ajusten a las normas de publicación serán devueltos al autor con las indicaciones de los cambios necesarios. El comité editorial comunicará al primer autor la fecha de recepción del trabajo, la fecha de aceptación y el número de *Avicennia* en el que se espera será publicado. Si lo considera conveniente podrá solicitar a los autores las modificaciones que los revisores consideren oportunas. En este caso el autor deberá enviar una copia impresa del trabajo corregida y una copia en disco de ordenador.

Cada autor recibirá gratuitamente 25 separatas de su trabajo. Aquellos autores que deseen más deberán hacerlo al devolver las pruebas de imprenta. El autor deberá abonar el importe del exceso.

Los interesados en publicar en *Avicennia* deberán dirigirse a:

Dr. Jesús Ortea Rato
Depto. de Biología de Organismos y Sistemas
Laboratorio de Zoología
Universidad de Oviedo
33005 Oviedo. Asturias. España

Ing. Jorge Foyo
Instituto de Oceanología
Academia de Ciencias de Cuba
Ave. 1ª entre 184 y 186, nº 18406
Municipio Playa. Ciudad de La Habana. Cuba.

ÍNDICE. *SUMMARY*

Avicennia, vol. 0, 1993